

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет біотехнології і біотехніки

Кафедра біотехніки та інженерії

«На правах рукопису»

«До захисту допущено»

УДК 633.1

Завідувач кафедри

 В.М. Мельник

“12” 12 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

на тему: «Інтенсифікація процесу теплообміну у пластинчастому теплообміннику»

Виконав: студент II курсу, групи БІ-81 мп

Босенко Василь Володимирович

Науковий керівник:

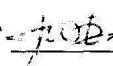
к.т.н. Шибецький Владислав Юрійович

Консультант з розробки апаратурної схеми:

ст.вик. Дзигун Лариса Петрівна

Рецензент: *Досвід кафедри дисертацій КТФ Пламкін С.В.*

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

Студент 

Київ – 2019 року

Пояснювальна записка до магістерської дистертації

На тему: «Інтенсифікація процесу
теплообміну у пластинчастому
теплообміннику»

РЕФЕРАТ

Атестаційна робота освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» на тему: «Інтенсифікація процесу теплообміну у пластинчастому теплообміннику» / НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»; Керівник Шибєцький В.Ю. - К., 2019. - 121 с. іл. 28. Виконавець Босенко В.В. - Бібліогр.: 15п.

Робота складається з переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, висновків, переліку посилань і додатків. Повний обсяг роботи становить 121 сторінки, 28 рисунків, 12 таблиць і переліку посилань з 29 найменувань (на 3 сторінках).

На фармацевтичних підприємствах пластинчасті теплообмінники використовуються для нагріву кислот, суспензій, плазми крові, охолодження настоїв і емульсій.

Попит такого обладнання пояснюється широкою сферою застосування і функціональністю. Пластинчасті теплообмінні апарати є різновидом поверхневих рекуперативних теплообмінних апаратів з поверхнею теплообміну, виготовленої з тонкого листа. Найбільш широко застосовуються в промисловості розбірні пластинчасті теплообмінники.

Об'єктом дослідження слугує пластинчастий теплообмінник із подифієованою штамповкою пластин.

Предметом дослідження є процес теплообміну, характеристики теплообмінника та його окремих конструктивних елементів.

Мета магістерської дисертації полягає у дослідженні інтенсифікації процесу теплообміну у пластинчастому теплообміннику та розробці конструкції пластинчастого теплообмінника.

Приведені математичні та комп'ютерні дослідження показало, що запропонована конструкція є ефективнішою за аналоги та може бути використана при конструюванні нового обладнання або вдосконаленні вже існуючого.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПЛАСТИНЧАСТИЙ ТЕПЛООБМІННИК,
ТЕПЛООБМІН, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБІНУ.

ANOTATION

Attestation work of educational and qualification level "Master" on the theme: Intensification of the process of heat transfer in a plate heat exchanger" / NTUU "KP1 named after Igor Sikorsky"; Head Shibetsky V.Yu. - K., 2019. - 121 p. illus. 28. Artist Bosenko VV - Bibliogr .: 15p.

The work consists of a list of symbols, introduction, five sections, conclusions, a list of links and applications. The full volume of the work is 121 pages, 28 figures, 12 rabies and a list of links of 29 titles (on 3 pages).

In pharmaceutical enterprises, plate heat exchangers are used for heating acids, suspensions, blood plasma, cooling infusions and emulsions.

The demand for such equipment is explained by its wide scope and functionality. Plate heat exchangers are a type of surface recuperative heat exchangers with a heat transfer surface made of thin sheet. The most widely used in the industry collapsible plate heat exchangers.

The object of the study is a plate heat exchanger with sub-die stamping of the plates.

The subject of the study is the process of heat exchange, the characteristics of the heat exchanger and its individual structural elements.

The purpose of the master's thesis is to study the intensification of the process of heat transfer in a plate heat exchanger and to develop the design of a plate heat exchanger.

The above mathematical and computer studies have shown that the proposed design is more efficient than analogues and can be used in the construction of new equipment or improvements to existing ones.

KEYWORDS: PLATE HEAT EXCHANGER, HEAT EXCHANGE,
INTENSIFICATION OF THE HEAT EXCHANGE PROCESS.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

Факультет (інститут) _____ біотехнології і біотехніки _____
(повна назва)

Кафедра _____ біотехніки та інженерії _____
(повна назва)

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»

Напрямок підготовки _____ «Механічна інженерія» _____
(код і назва)

Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування» _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.М.Мельник
(підпис) (ініціали, прізвище)

« 23 » 10 20 19 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Босенку Василю Володимировичу**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Інтенсифікація процесу теплообміну у пластинчастому теплообміннику»

науковий керівник дисертації к.т.н., доцент Шибецький Владислав Юрійович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 07 » 11 20 19 р. № 3858-С

2. Строк подання студентом дисертації 20.12.2019

3. Об'єкт дослідження: пластинчастий теплообмінник

4. Предмет дослідження: вивчення впливу зміни форми штамповки плити у пластинчастому теплообміннику та інтенсифікація процесу теплообміну у пластинчастому

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: провести огляд літератури за темою дисертації, теоретичне дослідження, комп'ютерне моделювання конструкції пластинчастого теплообмінника, практична реалізація розробленої конструкції, дослідження економічної доцільності виробництва і реалізації запропонованої конструкції пластинчастого теплообмінника.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: Апаратурно-технологічна схема; Пластинчатий теплообмінник, складальне креслення; Нажимна плита, рухома, плита ; 3D-модель пластинчастого теплообмінника; Математичне моделювання, Комп'ютерне моделювання гідродинаміки руху рідини, моделювання статичного навантаження.

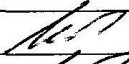
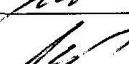
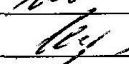
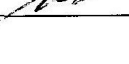
7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

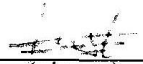
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	ст. вик. Дзигун Лариса Петрівна		

9. Дата видачі завдання 02.09.2019

Календарний план

№ з п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Огляд літератури	29.10-2.11.2019	
	Теоретичні	5.11-09.11.2019	
	Комп'ютерне моделювання	12.11-14.11.2019	
	Виконання розрахунків для практичної реалізації	15.11-19.11.2019	
	Виконання складальних креслень	20.11-24.11.2019	
	Розроблення стартапу	26.11-30.11.2019	
	Оформлення ПЗ	3.12-7.12.2019	
	Підготовка до захисту	8.12-17.12.2019	

Студент


(підпис)

Босенко В.В.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації


(підпис)

Шибєцький В.Ю.
(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	13
1Л. Класифікація теплообмінних апаратів.....	13
1.2. Рекуперативні теплообмінні апарати.....	15
1.2Л. Кожухотрубні теплообмінники.....	16
1.2.2. Секційні теплообмінники.....	19
1.2.3. Спиральні теплообмінники.....	20
1.2.4. Пластинчасті теплообмінники.....	21
1.2.5. Занурювальні теплообмінники.....	28
1.3. Регенеративні теплообмінні апарати.....	29
1.4. Висновки до розділу.....	36
2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ.....	38
2.1. Моделювання теплообмінника пластинчастого.....	38
2.2. Опис методу послідовних наближень.....	40
2.3. Опис процесу тепловіддачі.....	41
2.4. Результати розрахунків.....	42
2.5. Висновки до розділу.....	46
3. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЬ.....	47
3.1. Аналіз систем реалізації моделювання та вибір програмного забезпечення.....	47
3.2. Побудова геометрії моделі та встановлення граничних умов.....	47
3.3. Аналіз результатів моделювання.....	52

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКА ПЛАСТИНЧАСТОГО.....	53
4.1. Опис технологічного процесу.....	53
4.2. Призначення та область застосування теплообмінника пластинчастого	
4.3. Обґрунтування вибору теплообмінника пластинчастого і вибір матеріалу.....	58
4.4. Технологічний розрахунок пластинчастого теплообмінника.....	62
4.5. Технічна характеристика 1. Апарат призначений для нагріву води очищеної.	69
4.6. Розрахунок конструктивних елементів у пакеті Solid Works.....	69
4.7. Рекомендації з монтажу та експлуатації.....	71
4.8. Гідравлічне та теплотехнічне випробування.....	74
4.9. Висновки до розділу.....	75
5.1. Резюме.....	76
5.2. Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища підприємства.....	78
5.3. Аналіз потенційного ринку.....	83
5.4. Ключові фактори успіху проекту.....	86
5.5. Оцінка ринкових позицій інноваційної розробки.....	91
5.6. Договір на виконання НДР.....	93
5.7. Джерела фінансування НДР.....	96
5.8. Розрахунок техніко-економічних показників.....	97
5.9. Розрахунок ціни інноваційної пропозиції.....	98
5.10. Оцінка ризиків та страхування розробки.....	102
5.11. Висновок.....	108

ВИСНОВКИ.....	109
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	111
Додаток А Специфікації.....	114
Додаток Б Патентна документація.....	118

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

В.о. – вода очищена;

ЛП – лікарський препарат;

Nu - число Нуссельта;

Pr - критерій Прандтля;

Re - критерій Рейнольдса;

Φ – фільтр;

Z – збірник-накопичувач;

T – теплообмінник;

H, h – висота;

G – масові витрати;

V – об'ємні;

μ – в'язкості коефіцієнт:динамічний;

ν – кінематичний;

ρ – густина;

D, d – діаметр;

L, l – довжина;

m – маса;

V – об'єм;

f, S – площа поперечного перерізу;

F – площа поверхні;

T, t – температура;

α – коефіцієнт теплопровідності;

Q – витрати теплоти.

ВСТУП

Теплообмінниками називаються апарати, в яких відбувається теплообмін, між робочими середовищами не залежно від їх технологічного або енергетичного призначення (підігрівачі, випарні апарати, концентратори, пастеризатори, деаератори, економайзери та інші). Технологічне призначення теплообмінників різноманітне. Зазвичай розрізняють власне теплообмінники, в яких передача теплоти є основним процесом, і реактори, в яких тепловий процес відіграє допоміжну роль. Вперше апарати такого роду були розроблені на початку XX століття в СРСР, коли у теплових станцій виникла потреба в теплообмінниках, що володіють великою поверхнею теплообміну, і здатних працювати при досить високому тиску [1].

Теплообмінні апарати і установки широко використовуються у всіх галузях промисловості. Призначення, область застосування і конструктивне оформлення їх вельми різноманітні. Вони призначені для збільшення економічності енергетичного устаткування, підвищення його надійності, забезпечення технологічних процесів. З огляду на широкий діапазон застосування і важливість виконуваних функцій, теплообмінні апарати повинні відповідати таким основним вимогам:

- 1) забезпечувати передачу необхідної кількості теплоти з отриманням необхідних кінцевих температур теплоносіїв;
- 2) володіти певною пропускною спроможністю для кожного з робочих середовищ при заданому рівні гідравлічних опорів;
- 3) бути надійними в експлуатації при заданих параметрах робочих середовищ; поверхня теплообміну плит і елементи конструкції теплообмінника повинні мати достатню хімічну та корозійну стійкість до впливу агресивних середовищ; конструкція повинна передбачати можливість огляду поверхні теплообміну і доступність для її періодичної очистки та ремонту; володіти достатнім запасом міцності від внутрішніх

напружень, що виникає в результаті впливу тиску робочих середовищ, конструкційних навантажень та температурних навантажень;

4) мати можливо менші габарити і металоємність [2].

Актуальність роботи:

Інтенсифікація теплообміну в даний час є важливою спеціальною областю досліджень і розробок обладнання для організації процесів теплообміну. На сьогоднішній день є досить великий матеріал з експериментального і теоретичного дослідження теплообміну і гідродинаміки в теплообмінниках кожух-трубчастого типу. В той же час, все більшого поширення в багатьох галузях промисловості, і, в першу чергу в фармацевтичній, біотехнологічній, нафтохімічній та харчовій використовують пластинчасті теплообмінники.

Процес передачі тепла в таких апаратах відбувається в міжпластинних каналах складної геометрії без дотику проточних частин суміжних пластин. Слід зазначити, що проведення тепло- та гідравлічних розрахунків пластинчастих теплообмінників аналітичним способом важко і перевагу віддаються більш надійним, але дорогим експериментальним методам дослідження. Тому наданий момент є в основному приватні емпіричні вирази для визначення теплопереносу та гідравлічних втрат в таких апаратах. Вони справедливі для міжпластинних каналів певної геометрії і не дозволяють оптимізувати обладнання по тепловій і гідродинамічній ефективності.

З огляду на практичну значимість і складність проблеми, слід визнати дослідження теплообміну і гідродинаміки в пластинчастих теплообмінниках даного типу актуальним завданням

Об'єкт дослідження:

Теплообмінник пластинчастий.

Предмет дослідження:

Процес теплообміну у теплообміннику пластинчастого типу.

Мета роботи:

Метою роботи є підвищення ефективності та отримання узагальнених залежностей для розрахунку теплопереносу та гідравлічних втрат пластинчастих теплообмінників та підвищення економічності теплообмінників за рахунок ефективних способів інтенсифікації процесу теплообміну.

Задачі:

- 1) Провести аналіз конструктивних особливостей теплообмінних апаратів, які використовуються на фармацевтичних та біотехнологічних підприємствах.
- 2) Дослідити процес теплообміну у пластинчастому теплообміннику.
- 3) Інтенсифікувати процес теплообміну у пластинчастому теплообміннику.
- 4) Провести та проаналізувати математичне та комп'ютерне моделювання гідродинаміки потоків рідини у міжпластинному каналі пластинчастого теплообмінника.
- 5) Підвищити економічність пластинчастого теплообмінника.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Класифікація теплообмінних апаратів

Теплообмінними апаратами (теплообмінниками) називаються пристрої, призначені для обміну теплотою між гріє і обігрівається робочими середовищами. Ці середовища прийнято називати теплоносіями.

Необхідність передачі теплоти від одного теплоносія до іншого виникає в багатьох галузях техніки: в енергетиці, в хімічній, металургійній, нафтовій, харчовій та інших галузях промисловості [1].

Теплові процеси, що відбуваються в теплообмінних апаратах, можуть бути найрізноманітнішими: нагрівання, охолодження, випаровування, кипіння, конденсація, плавлення, затвердіння і більш складні процеси, які є комбінацією перерахованих. В процесі теплообміну може брати участь кілька теплоносіїв: теплота від одного з них може передаватися кільком і від кількох - одному.

В основу класифікації теплообмінних апаратів можуть бути покладені різні ознаки. Зазвичай застосовують класифікацію теплообмінних апаратів за функціональними ознаками:

- 1) за принципом дії: поверхневі і змішують;
- 2) у зв'язку зі тепловим режимом;
- 3) за характером руху теплоносіїв щодо тепло-передавальної поверхні;
- 4) в залежності від зміни агрегатного стану тепло-носіїв.
- 5) за типом теплоносія.

Незалежно від принципу дії теплообмінні апарати, застосовуються в різних галузях техніки, як правило, мають свої специфічні назви. Ці назви визначаються технологічним призначенням і конструктивними особливостями, ідентично з теплотехнічної точки зору всі апарати мають одне призначення- передачу теплоти від одного теплоносія до іншого або між поверхнею твердого тіла і рухомим тепло-носієм, що визначає ті загальні положення, які лежать в основі теплового розрахунку будь-якого теплообмінного апарату.

За принципом дії теплообмінні апарати діляться на поверхневі рекуперативні і регенеративні) і змішують.

В апаратах поверхневого типу теплоносії обмежені твердими стінками, частково або повністю беруть участь в процесі теплообміну між ними. Поверхнею нагріву називається частина поверхні цих стінок, через яку передається теплота.

Рекуперативними називаються такі теплообмінні апарати, в яких теплообмін між теплоносіями відбувається через роздільну стінку. Звернена до тієї ж середовищі поверхню стінки є поверхнею охолодження (або тепловідведення), а поверхня, звернена до більш холодної середовищі - "дзерхнею нагріву (або теплопідводу). При теплообміні в апаратах такого типу тепловий потік в кожній точці поверхні розділової стінки зберігає постійний напрям [2, 3].

Регенеративними називаються такі теплообмінні апарати, в яких два або більше число теплоносіїв поперемінно стикаються з однією і тією ж поверхнею нагріву. Під час зіткнення з різними теплоносіями поверхню нагріву або отримує теплоту і акумулює її, а потім віддає, або навпаки, спочатку віддає акумульовану теплоту і охолоджується, а потім нагрівається. У різні періоди теплообміну нагрів або охолодження поверхні нагрівання) напрямок теплового потоку в кожній точці поверхні нагрівання змінюється на протилежне. Регенеративні теплообмінні апарати можуть бути нерухомими і рухливими (наприклад, що обертаються).

Змішуючими називаються такі теплообмінні апарати, в яких тепло- і місообмін відбувається при безпосередньому контакті і змішенні теплоносіїв. Тому змішуючі теплообмінники іноді називають контактними. Найбільш важливим чинником в робочому процесі змішуючого теплообмінного апарату є поверхня зіткнення теплоносіїв. Для збільшення поверхні теплообміну на шляху руху теплоносіїв розміщують насадку.

За характером рухи теплоносіїв відносно теплопередаючої поверхні теплообмінні апарати ділять на три типи: з природною циркуляцією; з примусовою циркуляцією; з рухом рідини під дією сил гравітації. До теплообмінних апаратів з природною циркуляцією відносяться випарники, випарні апарати, водогрійні і парові котли, у яких теплоносій рухається завдяки різниці щільності рідини і парорідинної суміші, що утворюється, в опускних і підйомних трубах циркуляційного контура. До теплообмінних апаратів з примусовою циркуляцією відносяться, наприклад, рекуперативні теплообмінники, а до апаратів з рухом рідини під дією сил гравітації - конденсатори.

По роду теплоносіїв теплообмінні апарати класифікують таким чином: рідина-рідина; пара-рідина; газ-рідина; пара-пара; пара-газ; газ-газ.

Залежно від зміни агрегатного стану теплоносіїв теплообмінні апарати бувають: без зміни агрегатного стану; зі зміною агрегатного стану одного теплоносія; зі зміною агрегатного стану обох теплоносіїв[1, 4].

У теплообмінних апаратах можуть протікати різні процеси теплообміну: нагрівання; охолодження; кипіння; конденсація і т. д. Залежно від цих процесів теплообмінні апарати ділять на підігрівачі, охолоджувачі, випарники, конденсатори і т. д.

1.2. Рекуперативні теплообмінні апарати

Рекуперативні теплообмінні апарати - це установки, що працюють в періодичному або в стаціонарному тепловому режимі. Апарати періодичної дії зазвичай представляють собою ємності великої місткості, які через певні проміжки часу заповнюють оброблюваний матеріал або одним з теплоносіїв, нагрівають або охолоджують його, а потім видаляють. У стаціонарному режимі працюють, як правило, апарати безперервної дії. Конструкції сучасних рекуперативних теплообмінних апаратів вельми різноманітні і призначені для роботи з теплоносіями типів рідина-рідина, пара-рідина, газ-рідина.

Значно частіше використовуються теплообмінні апарати безперервної дії, серед яких найбільшого поширення набули кожухотрубні теплообмінники. Кожухотрубні теплообмінники представляють собою апарати, виконані з пучків труб, скріплених за допомогою трубних решіток і обмежених кожухами та кришками. Трубний і міжтрубний простір в апараті розділені перегородками на кілька ходів [41].

Конструкции современных рекуперативных теплообменных аппаратов непрерывного действия и поверхностного типа весьма разнообразны, поэтому рассмотрим наиболее характерные.

Рассмотрим классификацию поверхностных теплообменных аппаратов по отдельным группам [2].

1.2.1. Кожухотрубні теплообмінники

Кожухотрубчасті теплообмінники являють собою апарати, виконані з пучків труб, скріплених за допомогою трубних решіток (дощок) і обмежених кожухами і кришками з патрубками. Трубне і міжтрубний простору в апараті роз'єднані, кожна з них може бути розділене перегородками на кілька ходів. Перегородки призначені для збільшення швидкості і, отже, коефіцієнта тепловіддачі тепло-носіїв. Теплообмінники цього типу призначаються для теплообміну між різними рідинами, між рідиною і паром, між рідинами і газами. Вони застосовуються у випадках, коли потрібна велика поверхня теплообміну.

При нагріванні рідини паром в більшості випадків пар вводиться в міжтрубний простір, а нагріта рідина протікає по трубках. У кожухотрубчатих теплообмінниках прохідний перетин міжтрубного простору в 2-3 рази більше прохідного перетину всередині труб. Тому при однакових витратах теплоносіїв, мають однаковий агрегатний стан, швидкості теплоносія в міжтрубному просторі більш низькі і коефіцієнти тепловіддачі на поверхні міжтрубному простору невисокі, що знижує коефіцієнт теплопередачі в апараті. На рис. 1.2.1 показані пізні типи кожухотрубчатих теплообмінників.

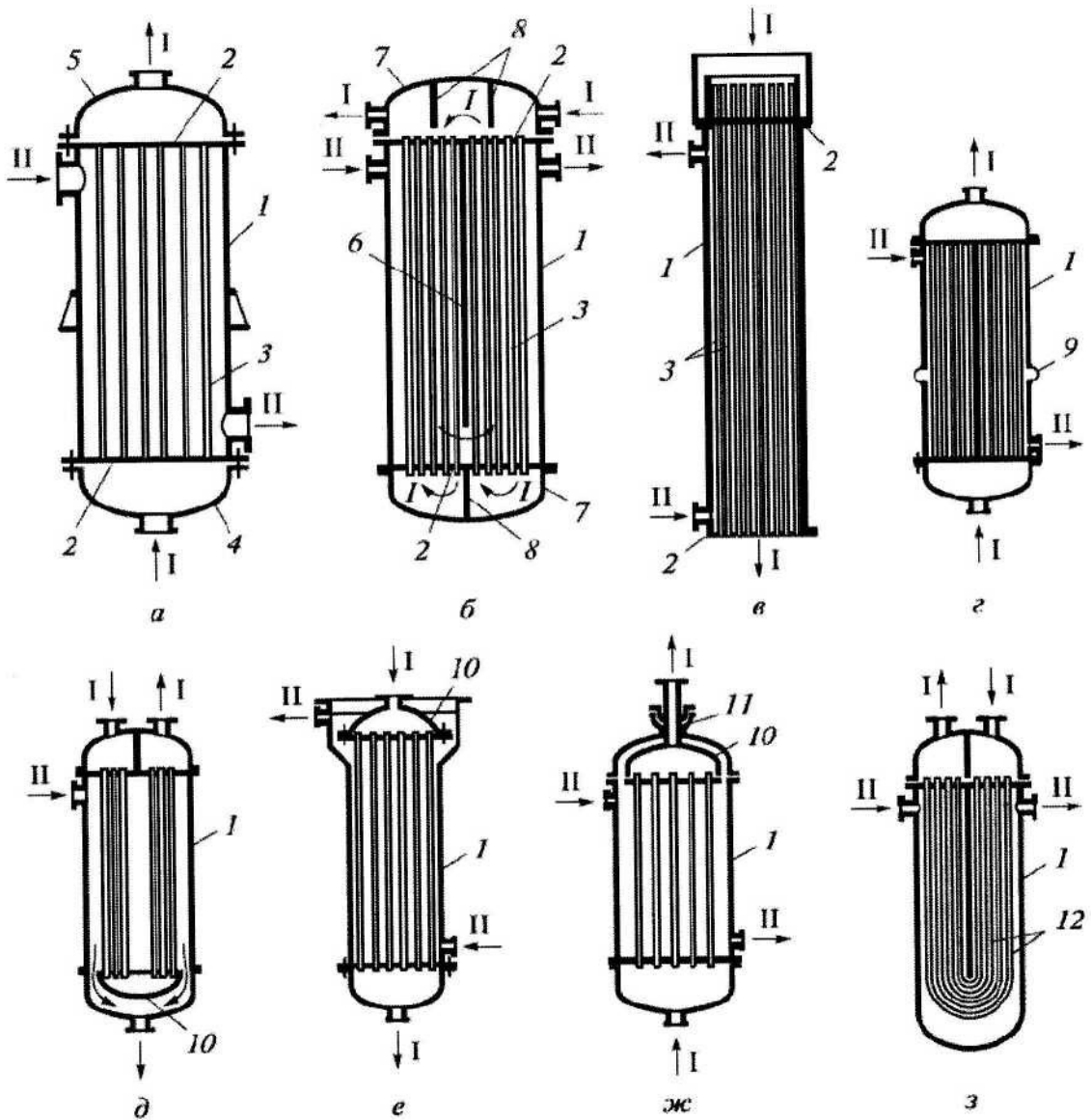


Рис. 1.2.1. Типи кожухотрубчатих теплообмінників: а а—одноходовий; б—багатоходової; в—плівковий; г —з лінзовим компенсатором; д—з плаваючою головкою закритого типу; е—з плаваючою головкою відкритого типу; ж —з сальниковим компенсатором; з -з U-подібними трубами;

1 —кожух; 2—трубна решітка; 3—труби; 4 —вхідна камера; 5 —вихідна , тмера; 6—поздовжня перегородка; 7 —камера; 8 — перегородки в камерах; 9 —лінзовий компенсатор; 10—плаваюча головка; 11—сальник; 12 U-образні

труби; I, II—теплоносії

Теплопередаюча поверхню апаратів може становити від декількох сотень квадратних сантиметрів до кількох тисяч квадратних метрів. Так, конденсатор сучасної парової турбіни потужністю 300 МВт має понад 20 тис. труб з загальною поверхнею теплообміну близько 15 тис. м² [1, 4].

Корпус (кожух) кожухотрубчатого теплообмінника представляють собою циліндр, зварений з одного або декількох сталевих листів. Кожухи розрізняються головним чином способом з'єднання з трубою решіткою і кришками. Товщина стінки кожуха визначається максимальним тиском робочого середовища і діаметром апарату, але не робиться тонше 4 мм. До циліндричним кромкам кожуха приварюються фланці для з'єднання з кришками або днищами. На зовнішній поверхні кожуха приварюються патрубки і опори апарату.

Трубки кожухотрубчастих апаратів виготовляють прямими або вигнутими (П-образними) діаметром від 12 до 57 мм. Матеріал трубок вибирається в залежності від середовища, що омиває її поверхню. Застосовуються трубки зі сталі, латуні і зі спеціальних сплавів.

Трубні решітки служать для закріплення в них труб за допомогою розвальцьовування, заварки, запаювання або сальникових сполук. Трубні решітки затискаються болтами між фланцями кожуха і кришки або приварюються до кожуха, або з'єднуються болтами тільки з фланцями вільної камери (рис. 1.2.1). Матеріалом трубних решіток є зазвичай листова сталь, товщина якої залежить від розрахункового тиску, але становить не менше 20 мм.

Кришки кожухотрубчастих апаратів мають форму плоских плит, конусів, сфер, а найчастіше опуклих або увігнутих еліпсів.

Кожухотрубчасті теплообмінники виконують жорсткої конструкції (рис. 1.2.1, а, в) і з компенсуючими пристроями (рис. 1.2.1, г-з), одно - і багатогодові, прямо-, проти - і поперечноточніє, горизонтальні, вертикальні і похилі. Вертикальні апарати мають більше поширення, так як вони займають менше місця і більш зручно розташовуються в робочому приміщенні. Виходячи з умов

зручності монтажу та експлуатації, максимальну довжину трубок для них вибирають не більше 5 м [1, 4].

Компенсація різного температурного подовження труб і кожуха досягається різними способами: закріпленням труб в ґратах на сальниках, пристроєм рухомий трубої решітки, установкою лінзового компенсатора на корпусі (рис. 1.2.1, г-з).

1.2.2. Секційні теплообмінники

Секційні теплообмінники являють собою різновид трубчастих апаратів, що складаються з декількох послідовно з'єднаних секцій, кожна з яких являє собою кожухотрубчатий теплообмінник з малим числом труб і кожухом невеликого діаметру (рис. 1.2.2).

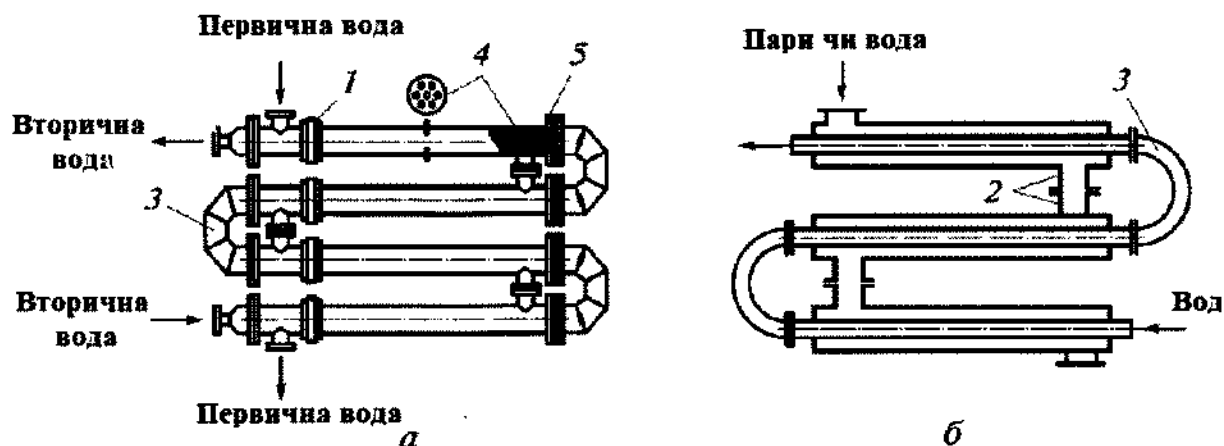


Рис. 1.2.2. Секційні теплообмінники:

а-водяний підігрівач тепломережі; б-теплообмінник "труба в трубі»;

1 —лінзовий компенсатор; 2 —з'єднувальні патрубки; 3 —калач; 4 —трубки; 5 —розбірна (на різьбі) трубна решітка У секційних теплообмінниках при однакових витратах рідин швидкості руху теплоносіїв в трубах і міжтрубном просторі майже рівні, що забезпечує підвищені коефіцієнти теплопередачі в порівнянні з звичайними трубчастими теплообмінниками. Найпростішим з цього типу теплообмінників є теплообмінник «труба в трубі»: у зовнішню трубу вставлена труба меншого діаметру. Всі елементи апарату з'єднані зварюванням.

Недоліком секційних теплообмінників є висока вартість одиниці поверхні нагріву, так як поділ її на секції викликає збільшення кількості найбільш дорогих елементів апарату трубних решіток, фланцевих з'єднань, перехідних камер, компенсаторів і т. д. Крім того, значні гідравлічні опору внаслідок різних поворотів і переходів викликають підвищену витрату електроенергії на привід прокачиваючого теплоносії насоса.

Кожухи серійних секційних теплообмінників виготовляють з труб довжиною до 4 м, внутрішнім діаметром від 50 до 305 мм. Число труб в секції від 4 до 151, поверхня нагріву від 0,75 до 26 м², труби латунні діаметром 16/14 мм. Відношення поверхні нагріву до обсягом теплообмінника досягає 80 м²/м³, а питома конструкційний вага становить 50-80 кг/м² поверхні нагріву [1, 4].

1.2.3. Спіральні теплообмінники

Спіральні теплообмінники складаються з двох спіральних каналів прямокутного перерізу, по яких рухаються теплоносії I і II (рис. 1.2.3).

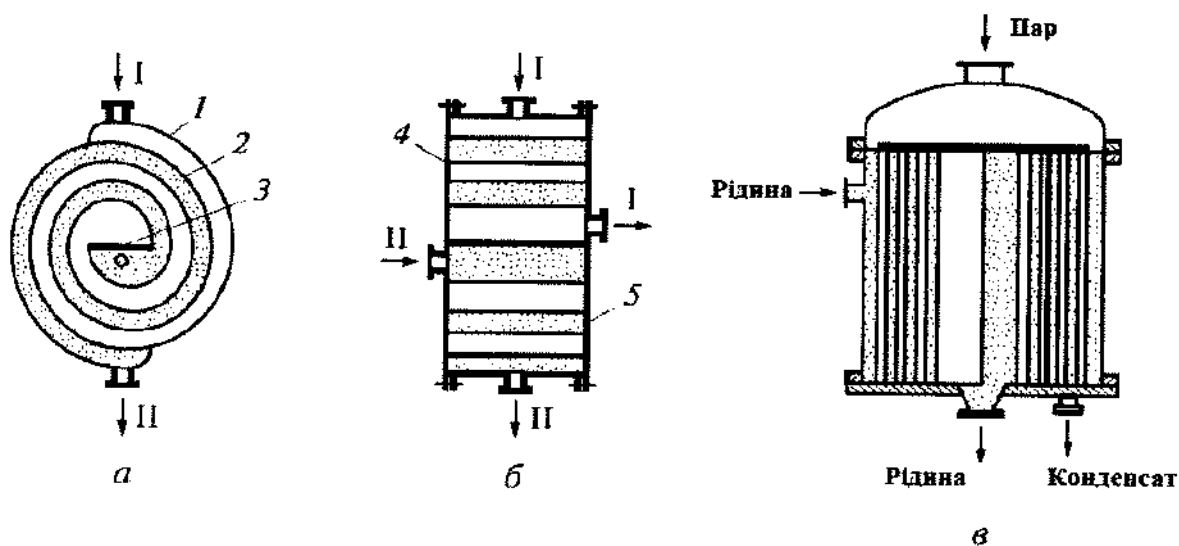


Рис. 1.2.3. Типи спіральних теплообмінників: а — горизонтальний спіральний теплообмінник; б—вертикальний спіральний теплообмінник;

1 , 2 —листи; 3 —розділова перегородка; 4 —кришки Канали утворюються металевими листами, які служать поверхнею теплообміну. Внутрішні кінці спіралей з'єднані розділової перегородкою. Для

забезпечення жорсткості конструкції і фіксування відстані між спіралями приварюють бобишки. Спіралі виготовляють так, що торці листів лежать в одній площині. З торців спіралі закривають кришками і стягують болтами. Для кращої герметизації і усунення перетікання теплоносіїв між кришками і листами по всьому перетину теплообмінника поміщають прокладку з гуми, пароніту, азбесту або м'якого металу. Спіральні теплообмінники виконуються горизонтальними і вертикальними; часто їх встановлюють блоками по два, чотири і вісім апаратів.

Горизонтальні спіральні теплообмінники застосовують для теплообміну між двома рідинами. Для теплообміну між конденсується паром і рідиною використовують вертикальні теплообмінники. Такі теплообмінники застосовують в якості конденсаторів і парових підігрівачів для рідини.

Перевагами спіральних теплообмінників є компактність, яка забезпечується великою поверхнею теплообміну в одиниці об'єму в порівнянні з многоходовими трубчастими теплообмінниками при однакових коефіцієнтах теплопередачі, а також менший гідравлічний опір для проходу теплоносіїв.

Недоліки: складність виготовлення і ремонту і придатність роботи під надлишковим тиском до 1,0 МПа. Спіральні теплообмінники виготовляються з поверхнею теплообміну 15 м² (ширина спіралі 375 мм) і 30 м² (ширина спіралі 750 мм); ширина спірального каналу 7 мм [1,4].

1.2.4. Пластинчасті теплообмінники

Пластинчасті теплообмінники мають плоскі поверхні теплообміну. Зазвичай такі теплообмінники застосовують для теплоносіїв, коефіцієнти тепловіддачі яких однакові.

В даний час широкого поширення набули компактні розбірні пластинчасті теплообмінники, що складаються з штампованих металевих листів із зовнішніми виступами, розташованими в коридорному або шаховому порядку. Такі конструкції застосовуються для теплообміну між рідинами і газами і

при перепадах тисків до 4 МПа. На рис. 1.2.4.1 представлено кілька конструкцій теплообмінників такого типу.

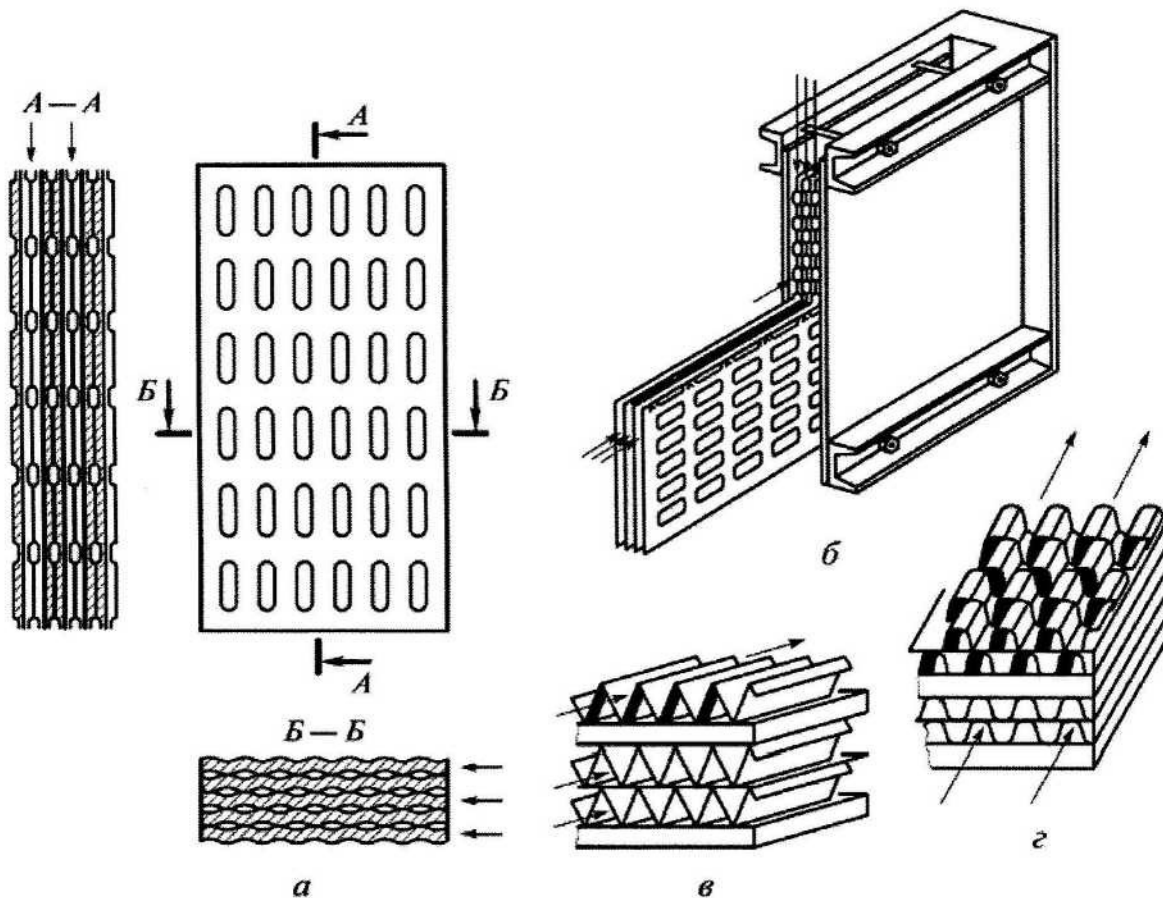


Рис. 1.2.4.1. Пластинчасті теплообмінники:

а — елемент пакету; б — модель повітропідігрівника; в, г — пластинчато-ребриста поверхня теплообмінника газ-газ. На величину поверхні теплообміну будь-якого рекуперативного теплообмінного апарату, в тому числі і пластинчастого, і відноситься до неї частку капітальних витрат, а також на вартість експлуатації впливає величина різниці температур гріючого теплоносія на вході і нагрівається теплоносія на виході при противотоке. Чим менше ця величина, тим більше поверхня теплообміну, вище вартість апарату і тим менше експлуатаційні витрати.

Відмінною особливістю пластинчастих теплообмінників є те, що такі характеристики, як компактність і металоємність, при інших рівних умовах в основному визначають економічність застосування тепло-обмінного

апарату, у них найкращі з усіх можливих типів рекуперативних теплообмінних апаратів. Це зумовлює застосування пластинчастих теплообмінників в таких пристроях, як пересувні і транспортні теплові установки, авіаційні двигуни, кріогенні системи, тобто там, де при високій ефективності процесу необхідні компактність і мала вага.

Разом з тим теплообмінникам такої конструкції притаманні і певні недоліки, а саме: трудомісткість чищення усередині каналів при ремонті, складність технологічних операцій при частковій заміні поверхні теплообміну, практична неможливість виготовлення і тривалої експлуатації тепло-обмінників з чавуну і крихких матеріалів.

На рис. 1.2.4.2 схематично зображений розбірний пластинчастий теплообмінник на двохопорній рамі. Основним елементом теплообмінника є набір (пакет) пластин 1, які вільно підвішені на верхній горизонтальній штанзі 2. Верхня 2 і нижня 9 горизонтальні штанги закріплені у вертикальних опорах 5 і 10. Пакет пластин з ущільнювальними прокладками притискається до нерухомої плити 5 за допомогою рухомої нажимної плити 7 і стяжних болтів з гайками 4. У плитах 5 і 7 є штуцера 3, 6, 8, 11 для входу і виходу теплообмінних робочих середовищ. Зварні теплообмінники можуть випускатися без опорної рами. При цьому до натискних плит приварюються лапи для кріплення апарату на раму за місцем монтажу.

На рис. 1.2.4.3 показаний загальний вигляд теплообмінної гофрованої пластини з прикріпленими ущільнювальними прокладками. Пластина 1 виготовлена з листового матеріалу товщиною 0,5-2 мм методом штампування, в результаті чого утворюється гофрована поверхня 5 з чергуванням виступів і западин. Форма і розміри гофрів різні і залежать від типу теплообмінної пластини. Отвори 2, 7, 8 і 10 служать для проходу робочих середовищ в канали, утворені суміжними пластинами. Для забезпечення герметичності каналів в спеціальні пази укладаються ущільнювальні прокладки 3. В цілях запобігання перетікання одного робочого середовища в інше встановлені ущільнювальні

перегородки 4 і 6. Напрямні гофри 9 служать для забезпечення рівномірного розподілу робочого середовища вздовж всієї теплообмінної по-поверхні та усунення так званих «застійних зон». Штамповані пази 11 необхідні для фіксації пластини 1 на горизонтальних штанг (позиція 2 і 9 на рис. 1.2.4.2).

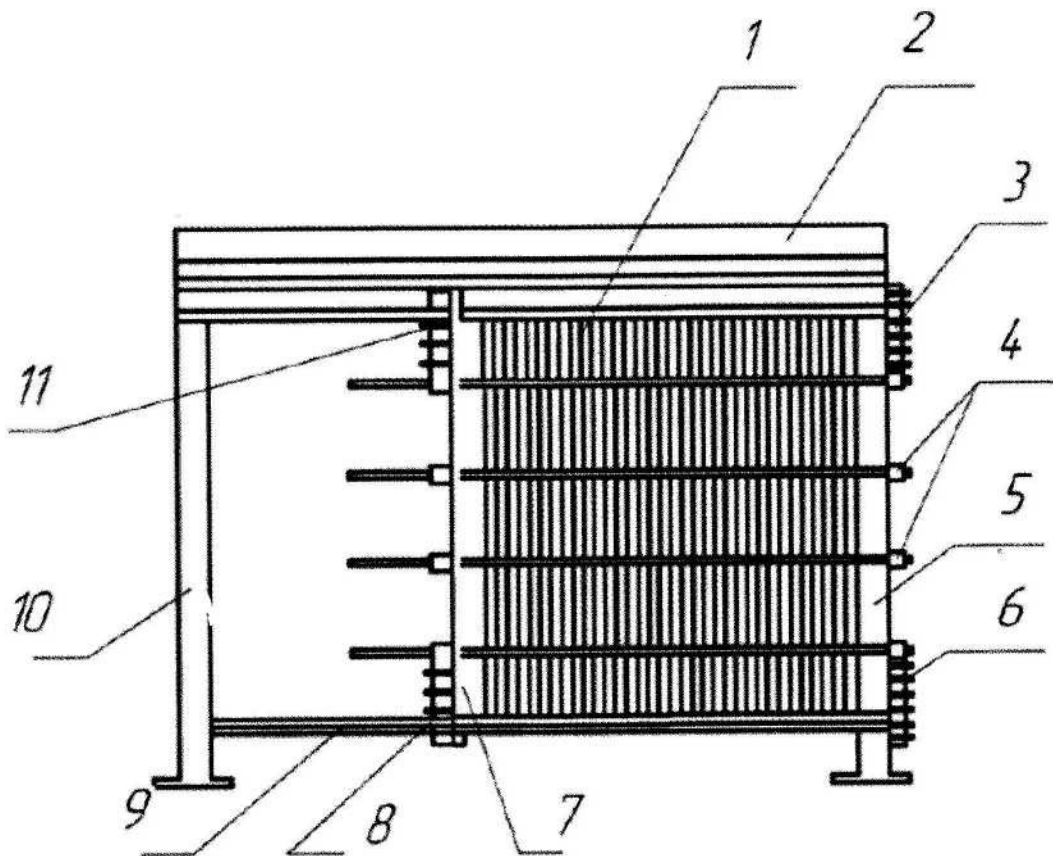


Рис. 1.2.4.2. Схема двухопорного пластинчастого апарату:

1 - пакет пластин; 2, 9 — штанги; 3, 6, 8, 11 - штуцера; 4 - стяжні болти з гайками; 5, 10 - вертикальні стійки; 7 - рухома натискна плита. Матеріалами вітчизняних теплообмінних поверхонь пластин, як правило, служать нержавіючі сталі з низьким або високим вмістом легуючих компонентів: 12Х18Н10Т, 06ХН28МДТ, 10Х17Н13М2Т, АІ8І316, 10Х13Г18Д (ДІ—61), 05Х18АІ15 та ін. В окремих випадках при використанні чистої прісної води з антикорозійними добавками можливе застосування оцинкованих (08КП) або вуглецевих сталей (наприклад, в первинному контурі двоконтурних систем відведення теплоти від суднового обладнання) [5, 6].

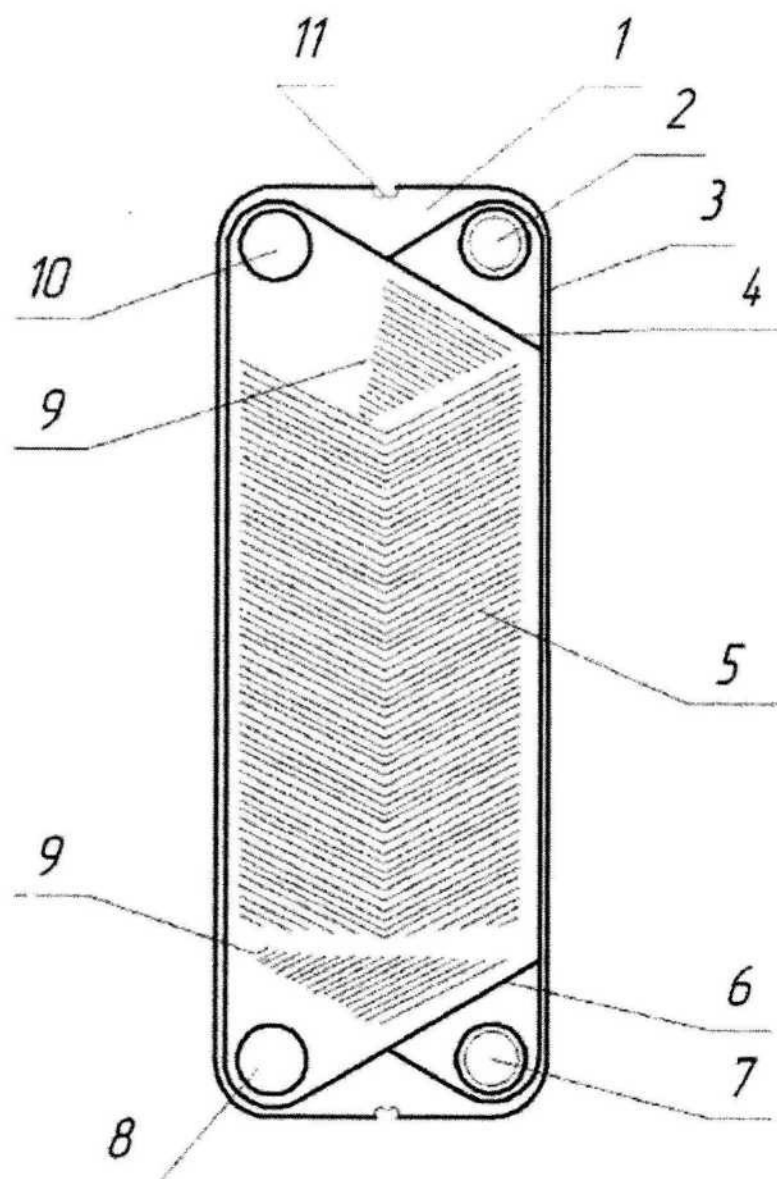


Рис. 1.2.4.3. Конструкція пластини теплообмінника:

1 - пластина; 2, 7, 8, 10 - отвори для руху середовищ; 3 - прокладка ущільнювальна; 4, 6 - перегородки ущільнювальні; 5 - гофрована поверхня теплообміну; 9 - напрямні гофри; 11 - пази для кріплення пластини на штанзі

Ущільнювальні прокладки, використовувані для герметизації каналів в розбірних і напіврозбірних пластинчастих теплообмінниках, повинні володіти міцністю, еластичністю, хімічною і температурною стійкістю. Розрізняють прокладки одноразового і багаторазового використання. Прокладки, призначені для одноразового застосування, виготовляються з азбесту, пароніту.

Прокладки

які можна використовувати багаторазово, виготовляються з матеріалів на основі гуми (нитроловая, бутилова, силіконова і гума) і синтетичного каучуку, вітону, хлоропрена. Так, на основі бутадієн-стирольного каучуку виготовляються прокладки, стійкі до лугів і кислот, а фторкаучук хімічно стійкий до сірчаної кислоти, стабільний при високій і низькій температурі. Детальна характеристика матеріалів, що йдуть на виготовлення ущільнюючих прокладок для пластинчастих теплообмінників, наведена в роботі [5, 6].

На рис. 1.2.4.4 показана типова схема руху середовищ в каналах одноходового розбірного пластинчастого теплообмінника з протівоточним перебігом робочих речовин. В даному варіанті нагрівається середовище 1 проходить через штуцер в натискної плити (на малюнку умовно не показана) і через кутові отвори в пластинах надходить в два паралельних каналу 4, утворених парами сусідніх пластин. Доступ середовища 1 в суміжні канали 3 неможливий, оскільки на вході в ці канали встановлені ущільнювальні прокладки. Нагрівається середовище під тиском, створюваним насосом прокачується через вузькі щілинні канали 4, сприймає теплоту від охолоджуваного середовища 2 через розділяє їх гофровану теплообмінну пластину і віддається з апарату через праве верхнє кутове отвір. У свою чергу, охолоджувана середовище 2 надходить через ліве верхнє кутове отвір, розподіляється по трьох паралельних каналах 3 і виходить через ліве нижнє кутове отвір. У кінцевій пластині 5 кутові отвори по обох робочих середовищах заглушені. У сусідній з нею пластині заглушені отвори тільки для проходу нагрівається робочого середовища.

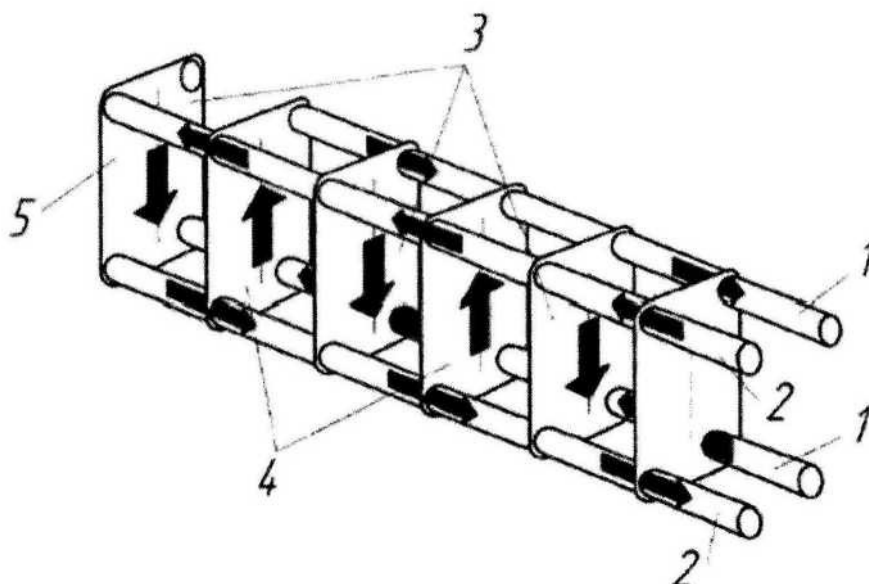


Рис. 1.2.4.4. Схема руху робочих середовищ в пластинчастому теплообміннику: 1-нагрівається середовище; 2-охолоджуване середовище; 3- канали по охолоджуваному середовищі; 4-канали по нагрівається середовищі;

5-Кінцева пластина

За взаємною напрямку руху теплообмінних середовищ пластинчасті апарати можуть бути підрозділені:

- на прямоточні, в яких обидві середовища рухаються в одному напрямку;
- на протиточні, в яких середовища рухаються назустріч один одному;
- на перехресноточні, в яких вектори швидкості робочих середовищ перпендикулярні один до одного;
- на змішані, в яких середовища переміщаються в різних напрямках по відношенню один до одного.

Залежно від компонування пластин розрізняють однієї багатоходові пластинчасті теплообмінники.

У деяких випадках для збільшення коефіцієнта теплопередачі апарату к потрібно збільшити коефіцієнт тепловіддачі за однією з робочих середовищ при незмінних масовій витраті середовища і геометричні характеристики одиничного каналу. Здійснити це можна шляхом зміни середньої швидкості

середовища в каналі, яка визначається числом паралельних каналів для руху середовища в одному напрямку. (При цьому, звичайно, не слід забувати, що з ростом швидкості в каналі значно зростають втрати тиску в апараті, тому зміна компонування пластинчастого теплообмінника можливо лише при достатньому наявному напорі.)

1.2.5. Занурювальні теплообмінники

Занурювальні теплообмінники складаються зі змійовиків, поміщених в посудину з рідким теплоносієм. Інший теплоносій рухається всередині змійовиків. При великій кількості цього теплоносія для повідомлення йому необхідної швидкості застосовують змійовики з декількох паралельних секцій.

На рис. 1.2.5 наведена схема заглибного теплообмінника, що складається з циліндричних змійовиків, встановлених в круглій посудині. Змійовик, виконаний з концентрично розташованих паралельних секцій.

Достоїнствами заглибних теплообмінників є простота виготовлення, доступність поверхні теплообміну для огляду і ремонту, мала чутливість до змін режиму внаслідок наявності великого об'єму рідини в посудині.

До недоліків апаратів такого типу можна віднести громіздкість, низькі коефіцієнти тепловіддачі рідини до поверхні змійовика, труднощі внутрішнього очищення труб.

В апаратах для термічної обробки агресивних середовищ застосовують захист металевих стінок антикорозійними покриттями: епоксидними або фенолформальдегідними смолами, склопластиками, полімеризационними пластмасами та ін останнім часом в якості конструкційного матеріалу для теплообмінників, що працюють на агресивних середовищах, застосовується графіт, просочений фенолформальдегідною смолою, або графітопласт. Графіт має високий коефіцієнт теплопровід-новини, і виконані з нього теплообмінники виходять більш компактними, ніж теплообмінники з інших неметалевих матеріалів.

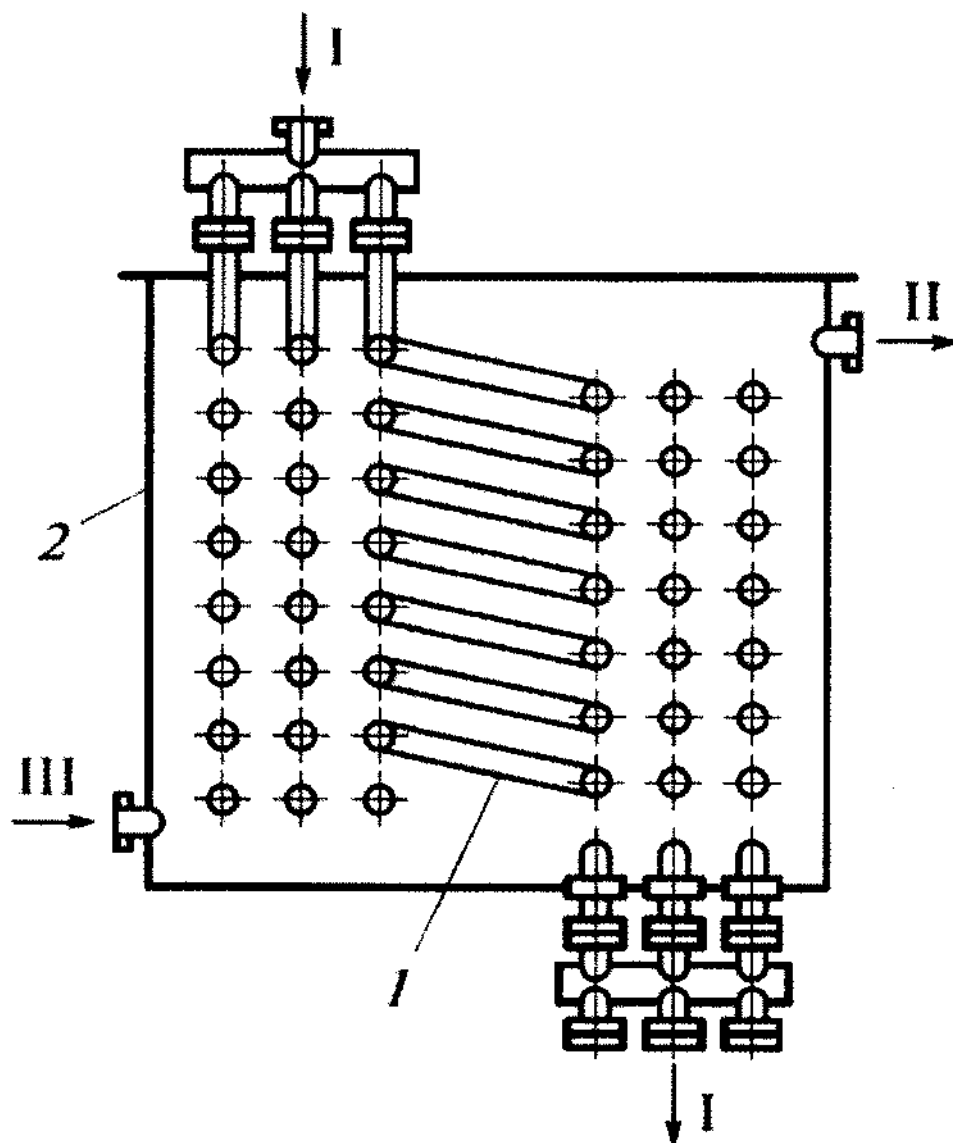


Рис. 1.5. Занурювальний теплообмінник з циліндричними змійовиками:

1 —змійовик; 2 —посудина; I, II—теплоносії

1.3. Регенеративні теплообмінні апарати

До регенераторів відноситься велика група теплообмінних апаратів, у яких передача тепла від одного теплоносія до іншого відбувається за допомогою нерухокої або переміщається насадки. В якості насадки застосовують вогнетривку цеглу, металеві листи, пластини, кулі, алюмінієву фольгу і т. п.

Протягом першого періоду (період нагрівання насадки) через апарат пропускають гарячий теплоносії, при цьому віддається їм теплота

охолодження насадки) через апарат пропускають холодний теплоносій, який нагрівається за рахунок теплоти, акумульованої насадкою. Періоди нагрівання і охолодження насадки тривають від декількох хвилин до декількох годин.

Для здійснення безперервного теплообміну між теплоносіями необхідні два регенератора: у той час як в одному з них відбувається охолодження гарячого теплоносія, в іншому нагрівається холодний теплоносій. Потім апарати перемикаються, після чого в кожному з них процес теплопередачі протікає в зворотному напрямку. Схема з'єднання і переключення пари регенераторів наведена на рис. 1.2.6.

Перемикання проводиться поворотом клапанів 1 і 2. Напрямок руху теплоносіїв показано стрілками. Зазвичай перемикання регенераторів проводиться автоматично через певні проміжки часу.

На рис. 1.2.7 показана принципова схема регенератора, рухома насадка в якому виконана у вигляді металевих куль.

Через регенератор 1 пропускається гарячий теплоносій, при цьому насадка нагрівається. Насадка безперервно вивантажується через регулюючий затвор 3 і надходить в регенератор 2, через який пропускається холодний теплоносій. З регенератора 2 насадка надходить в ковшовий елеватор 5 і подається їм знову в регенератор 1. Таким чином, відпадає необхідність перемикання регенератора, і теплота передається від гарячого теплоносія до холодного за допомогою насадки, безперервно циркулює через обидва

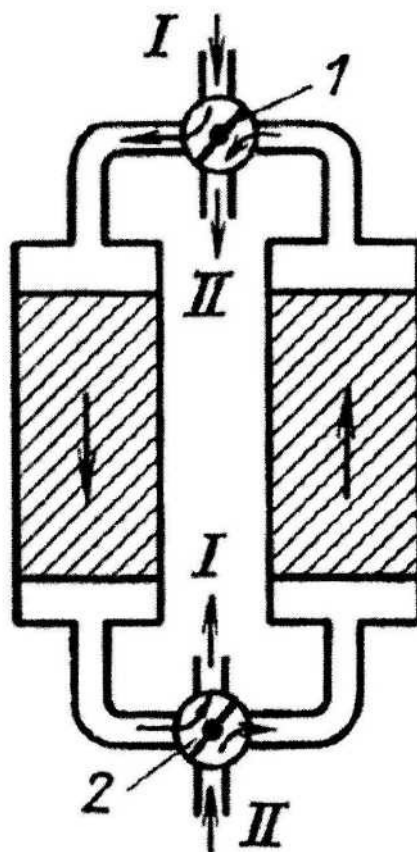


Рис. 1.2.6. Схема регенератора з нерухомою насадкою:

I—холодний теплоносій; II—гарячий теплоносій Деякі типи регенераторів наведені на рис. 1.2.8. На рис. 1.2.8, а наведена схема роботи регенератора мартенівської печі, що працює на мазутному паливі.

При положенні перекидного шибера, показаному на рис. 1.2.8, а, повітря нагрівається до необхідної температури в лівій камері, при цьому насадка в ній охолоджується. В цей же час насадка лівої камери нагрівається відходять продуктами згоряння. Через певний час перекидний шибера повертається, змінює напрям руху повітря і гарячих газів, і в послідуочий за цим період нагрівається насадка лівої камери, а насадка правої камери, охолоджується, нагріваючи повітря. Одночасно з перемиканням шибера гасяться форсунки з лівого боку печі і запалюються форсунки з правого її боку. У мартенівських печах, що працюють на газі, підігрівають не тільки повітря, але і горючий газ, і тому влаштовують по дві камери з насадкою з кожного боку.

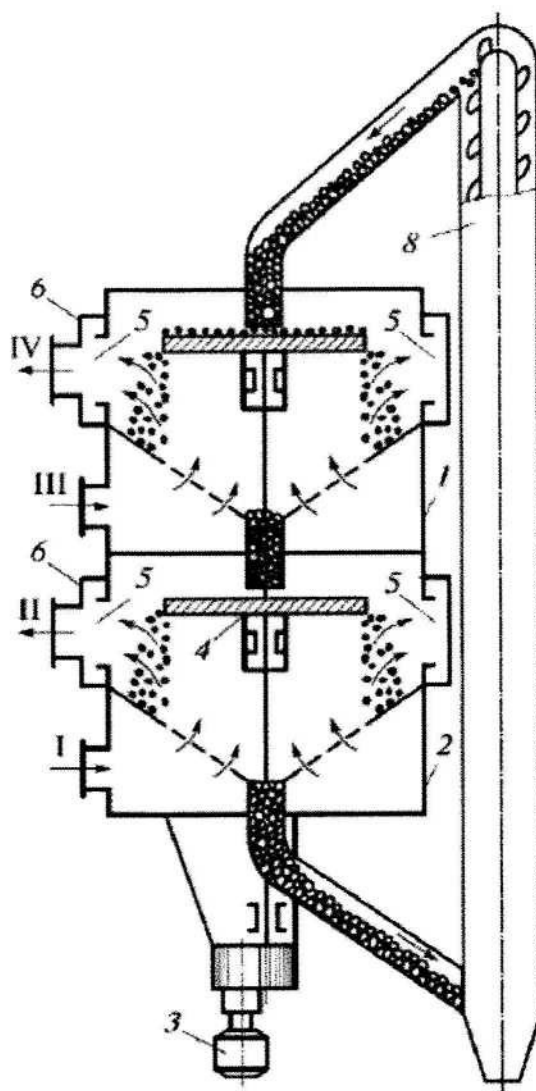


Рис. 1.2.7. Схема теплообмінника з рухомим твердим проміжним теплоносієм:

I — холодний газ; II — нагрітий газ; III — гарячий газ;

IV — охолоджений газ

1, 2 — камери відповідно охолоджуваного і нагрівається газів;

3 — обертовий диск, що регулює подачу твердих частинок; 4 — електродвигун з редуктором; 5 — ковшовий елеватор; 6, 7 — колектори відповідно охолодженого і нагрітого газу; 8 — вікна колектора

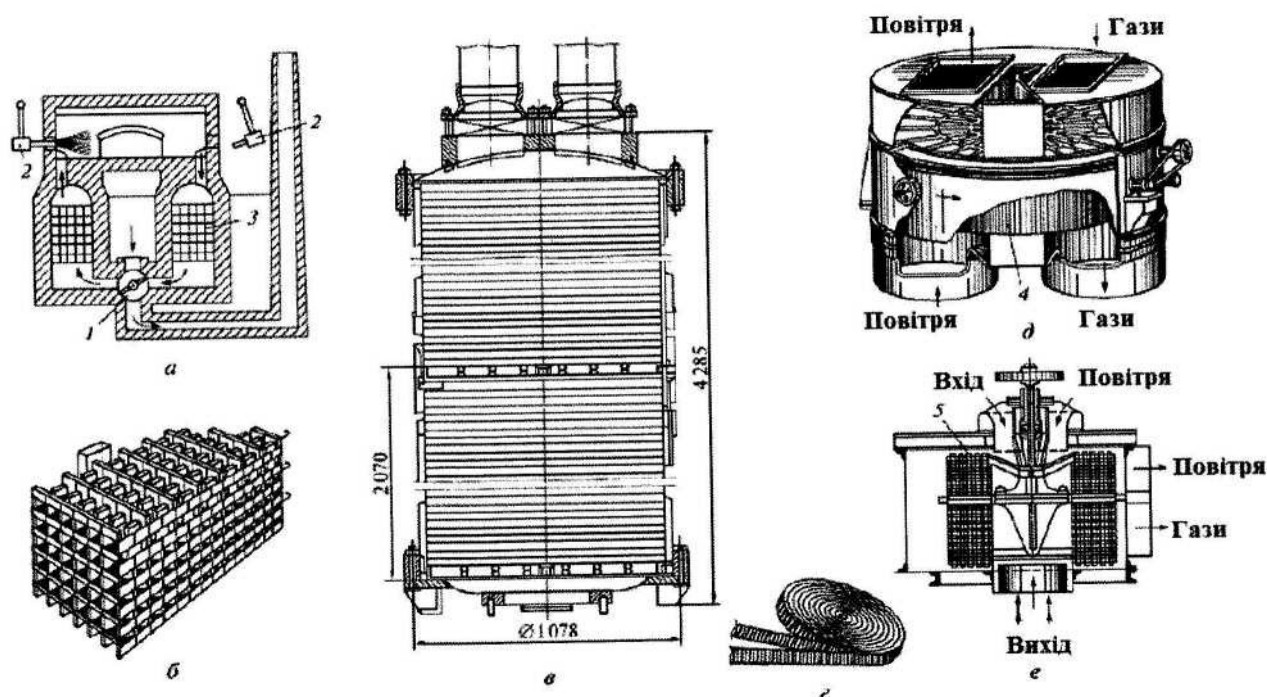


Рис. 1.2.8. Деякі типи регенераторів:

а—схема мартенівської печі з регенераторами; б —регенеративна насадка з вогнетривкої цегли; в — регенератор з нерухомою насадкою, р елемент гофрованої насадки з алюмінію; д — обертний регенератор системи Юнгстрема; е — комбінований вентилятор-димосос; 1— перекидний шибер; 2 — форсунки; 3 - насадка; 5 — ротор

На рис. 1.2.8, б наведена схема цегляної насадки, в якій вогнетривкі цеглини укладені у вигляді суцільних каналів. Це найбільш поширений на практиці тип насадки, хоча, взагалі кажучи, типи цегляних насадок досить різноманітні. Товщина цегли, застосовуваних для регенеративних насадок, становить 40-50 мм, при цьому форма цегли може бути звичайною і спеціальною.

Недоліками регенераторів з нерухомою цегляної насадкою є громіздкість, ускладнення експлуатації, пов'язаний-ве з необхідністю періодичних перемикань регенераторів, і коливання температури в робочому просторі печі або теплоиспользующего апарату внаслідок зміни температури насадки в процесі теплообміну, тому вони знаходять застосування лише при високих

температурах теплоносіїв, що не дозволяють використовувати металеві рекуператори.

На рис. 1.2.8, в показаний регенератор з нерухомою насадкою з алюмінієвої гофрованої стрічки (рис. 1.2.8, г), що застосовується в холодильних установках для глибокого охолодження азоту (до мінус 185 °С). Перевагою металевої насадки в порівнянні з цегляною є велика поверхня теплообміну в невеликому обсязі. Наприклад, в 1 м³ об'єму насадки можна помістити алюмінієву гофровану стрічку з поверхнею теплообміну 2000 м², при цьому різниця температур насадки і теплоносія може майже по всій довжині насадки становити не менше 1-2 °С. Недоліком цього апарату в порівнянні з попереднім є великий гідравлічний опір.

На рис. 1.2.8, д наведено регенератор системи Юнгстрема з обертовою металевою насадкою, який отримав застосування на електростанціях як повітропідігрівника для використання тепла відхідних газів котельних агрегатів. Обертова насадка апарату складається з профільних металевих листів, які, рухаючись по колу, перетинають по черзі канали з гарячими газами, де вони нагріваються і передають теплоту повітрю.

Швидкість обертання ротора з насадкою невелика і зазвичай не перевищує 3-6 об/хв.

Порівняно з регенераторами з нерухомою насадкою гідністю регенератора Юнгстрема є практично постійна середня температура повітря на виході з апарату, що залежить тільки від температури надходять в апарат гарячих газів. Компактність повітропідігрівника Юнгстрема є також одним з його переваг у порівнянні з рекуперативними повітряними підігрівачами. Недоліками регенератора Юнгстрема є складність конструкції і забруднення повітря газами.

На рис. 1.2.8, е показана схема ще однієї конструкції регенератора з рухомою поверхнею нагріву. Комбінований агрегат вентилятор-димосос має поверхню нагріву у вигляді ротора, виконаного з порожнистих герметичних oreбренных лопаток, наполовину заповнених водою. Агрегат розділений по висоті

на дві частини. Через нижню частину апарату проходять димові гази і випарюють воду, що знаходиться в нижній частині орєбреннх лопаток. Через верхню частину апарату проходить холодне повітря нагрівається від стінок верхньої частини лопаток, заповнених паром, при цьому пар в них конденсується і стікає назад в нижню частину лопаток.

Комбіновані агрегати з рухомою поверхнею нагріву мають поки більш низький ККД, ніж звичайні вентилятори і димососи, і тому широкого застосування не отримали.

Останнім часом у нафтопереробної, нафтохімічної та інших галузях промисловості, а також в енергетичних установках з високотемпературними процесами, коли навіть високолеговані сталі недостатньо жаростійкі, отримали застосування теплообмінні апарати з нерухомим киплячим або падаючим шаром твердого жаростійкого проміжного теплоносія. В цих теплообмінниках нагрівають повітря, гази і пари органічних рідин до температур 1600-2000 °С, а також перегрівають водяний пар.

В якості проміжних теплоносіїв застосовують тверді частинки і кульки з окису алюмінію, цирконію, магнію, з каоліну, муліту і т. п. розміром 8-12 мм, Матеріал такого теплоносія повинен бути жаростійким (не розм'якшуватися і не плавитися при високій температурі), володіти хімічною стійкістю (не окислюватися), не тріскатися і не розшаровуватися при різких змінах температури, не стиратися і витримувати ударну навантаження, володіти високою теплоємністю, щоб мати невеликий масовий витрата при великій тепловій навантаженні і низьку вартість [8, 9, 10].

1.4. Висновки до розділу

Вимоги теплообмінників досить різноманітні. Основними з них є:

- забезпечення досить високого коефіцієнту теплопередачі;
- забезпечити мінімально можливий гідравлічний опір;
- забезпечити компактність теплообмінного апарату в лінії виробництва;
- забезпечити технологічність теплообмінного апарата;

Найбільш поширеними теплообмінними апаратами на виробництві є кожухотрубний та пластинчастий теплообмінники.

Діапазон робочих температур для пластинчастого теплообмінника: -20 до -400 °С.

Максимально допустимий тиск для пластинчастого теплообмінника - до 4 МПа.

Основними методами інтенсифікації процесу теплообміну в пластинчастому теплообміннику є:

- Зміна термічного опору.
- Зміна швидкості потоку.
- Використання розвинених поверхонь теплообміну шляхом оребрення і ошиповки. Ребра поверхні застосовується з боку теплоносія, що володіє меншим коефіцієнтом тепловіддачі. Ребра поверхні теплообміну доцільно не тільки з високим значенням коефіцієнта теплопередачі, але і за ваговими показниками, так як оребрення поверхню, що в 5-10 разів перевищує несучу поверхню трубок, не піддається тискові, а тому ребра виготовляється з більш тонкого матеріалу, ніж трубки, тим самим забезпечується значний ваговий ефект.
- Впливом на потік з метою його штучної турбулізація. При значеннях критерію Рейнольдса, відповідних ламінарному і перехідному режимам за рахунок штучної турбулізації досягаються значення

коефіцієнта тепловіддачі, характерні для розвиненого турбулентного потоку. Однак ефективність штучної турбулізації потоку зі збільшенням значення критерію Рейнольдса знижується, при цьому темп зростання опору превалює над темпом зростання тепловіддачі.

2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ

Теплообмінні процеси мають досить вагоме значення в біотехнологічній, фармацевтичній, хімічній, нафтоперероблюючій галузях. Особливу увагу заслуговують пластинчасті теплообмінники.

Математичне моделювання пластинчастого теплообмінника має виконувати наступні цілі:

- аналіз теплопередачі середовищ;
- більш глибоке розуміння процесів теплообміну;
- контроль процесів теплообміну;
- аналіз руху теплоносіїв.

Данні цілі можна отримати теоретичним шляхом аналізу запропонованих математичних моделей [11].

Об'єкт досліджень. Об'єктом дослідження теплообмінник пластинчастий.

Мета і задачі досліджень. Мета даної роботи полягає у розробці математичної моделі для оптимізації процесу теплопередачі у теплообміннику пластинчастому.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Розробити програму моделювання теплообмінника пластинчастого на основі методу послідовних наближень.

2. Дослідити залежність показників від витрат первинного та вторинного теплоносія.

3. Провести порівняння отриманих результатів.

2.1. Моделювання теплообмінника пластинчастого

Моделювання теплообмінних систем необхідно для більш глибокого розуміння тих процесів, які відбуваються всередині системи і формують вихідні параметри. Ці знання можна отримати шляхом теоретичного аналізу запропонованих математичних моделей.

Моделювання теплообмінника пластинчастого здійснюється за допомогою методу послідовних наближень. Для розрахунків використовують

якої входить не середня різниця температур між теплообмінюючими потоками (середній логарифмічний температурний напір Δt_{ln}), а різниця температур гріючого та теплоносія, що нагрівається на вході в теплообмінник. Для цього використовують протиточний коефіцієнт Z . Виведення формул слідує з рівняння теплового балансу і рівняння теплопередачі. Розглядається ділянка dF

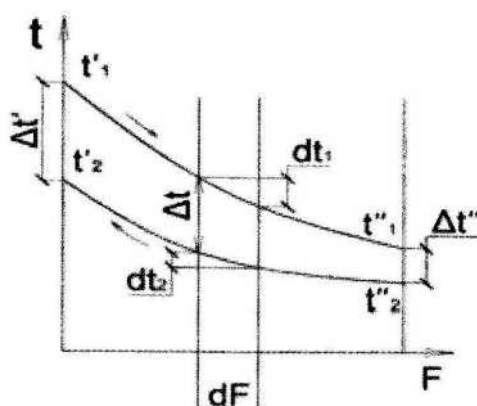


Рисунок 2.1 Графік зміни температури теплоносіїв по площі пластинчастого теплообмінника

Із рівняння теплопередачі:

$$dQ = q \cdot dF = \Delta t \cdot dF, \quad (2.1)$$

Де dQ - кількість теплоти, яка передається від первинного теплоносія до вторинного в одиницю часу dt ; k - коефіцієнт теплопередачі, Вт (м² • К)/; Δt - різниця температур первинного та вторинного теплоносія, °С.

Із закону збереження енергії:

$$\begin{cases} dQ = -C_1 \cdot dt_1; \\ dQ = -C_2 \cdot dt_2, \end{cases} \quad (2.2)$$

де $C = Gm \cdot Cp$ - повна теплоємність масових витрат, Дж К/; визначається відношенням:

$$\frac{d(\Delta t)}{\Delta t} = m \cdot k \cdot dF, \quad (2.3)$$

де $m = (1/C_1 - 1/C_2)$ - введена заміна. Далі інтегруємо та отримуємо:

$$\ln(\Delta t) = -m \cdot k \cdot F + C^*. \quad (2.4)$$

Підставляючи граничну умову, $F_0 = 0$ у рівняння (2.4), отримуємо:

$$\frac{\Delta t''}{\Delta t'} = e^{-m \cdot k \cdot F}, \quad (5)$$

причому, $\begin{cases} \Delta t' = t'_1 - t'_2; \\ \Delta t'' = t''_1 - t'_2, \end{cases}$

де $\Delta t'$ - максимальна різниця температур гріючого теплоносія на вході і на виході теплообмінника пластинчастого, °C; $\Delta t''$ - максимальна різниця температур теплоносія, що нагрівається на вході і на виході теплообмінника пластинчастого, °C. Рівняння (2.5) переписуємо наступним чином:

$$\frac{(t'_1 - t'_2)(1 - e^{-(1 - \frac{C_1}{C_2}) \frac{k \cdot F}{C_1}})}{1 - \frac{C_1}{C_2} \cdot e^{-(1 - \frac{C_1}{C_2}) \frac{k \cdot F}{C_1}}} = t'_1 - t''_1. \quad (2.6)$$

Отримано відношення:

$$\frac{1 - e^{-(1 - \frac{C_1}{C_2}) \frac{k \cdot F}{C_1}}}{1 - \frac{C_1}{C_2} \cdot e^{-(1 - \frac{C_1}{C_2}) \frac{k \cdot F}{C_1}}} \quad (2.7)$$

виступає поправочним коефіцієнтом 2 [13].

Відповідно, потужність буде визначатись по формулі:

$$Q = C_1 \cdot Z \cdot (t'_1 - t'_2). \quad (2.8)$$

2.2. Опис методу послідовних наближень

У процесі підбору пластинчастого теплообмінника неможливо обрати в точності відповідні задані параметри. До того ж, під час експлуатації реальні параметри (витрати температури на вході в пластинчастий теплообмінник) будуть відрізнятися від розрахункових. Для визначення експлуатаційних характеристик пластинчастого теплообмінника (потужність і температури на

виході із пластинчастого теплообмінника) використовують метод послідовних наближень.

Далі представлена методика розрахунку основних характеристик теплообмінника пластинчастого за допомогою методу послідовних наближень:

1. Розраховується протиточний коефіцієнт Z по формулі (2.7).
2. Визначається дійсна потужність теплообмінника пластинчастого по формулі (2.8).
3. Дійсні температури теплоносіїв на вході та на виході:

$$t_1'' = t_1' - \frac{Q}{C_1}; \quad (2.9)$$

$$t_2'' = t_2' - \frac{Q}{C_2}. \quad (2.10)$$

4. З урахуванням змінних температур знаходять коефіцієнти тепловіддачі до емпіричній формулі.

5. За визначеними коефіцієнтами тепловіддачі знаходять нове значення коефіцієнту теплопередачі:

$$k_{new} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\alpha} + \frac{1}{\alpha_2}}. \quad (2.11)$$

Після знаходження нових значень k_{new} цикл метод послідовних зближень повторюємо. При рівності $k = k_{new}$ під час наступної ітерації цикл методу послідовних наближень зупиняємо; значення отримані на даному етапі, являються реальними значеннями теплообмінного апарату [18].

2.3. Опис процесу тепловіддачі

По описаній методиці розроблена програма, котра дозволяє змоделювати роботу теплообмінника пластинчастого.

Визначення руху рідини в каналі. Для цього було використано такі дівняння:

критерій Нуссельта для першого теплоносія:

$$Nu_1 = 0,195 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cr}} \right)^{0,25}, \quad (2.12)$$

де Re -критерій Рейнольдса, Pr -критерій

Прандтля. Критерій Нуссельта для другого

$$Nu_2 = 0,195 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{cr}} \right)^{0,25}. \quad (2.13)$$

Коефіцієнт тепловіддачі першого теплоносія:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{екв}}, \quad (2.14)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності, $d_{екв}$ - еквівалентний діаметр каналу.

Коефіцієнт тепловіддачі другого теплоносія:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{екв}}, \quad (2.15)$$

2.4. Результати розрахунків

На основі отриманих у програмі даних побудовані графіка залежності Q, k, t_1

$''(t_{1вх}), t_2''(t_{2вх})$ від витрат первинного і вторинного теплоносіїв.

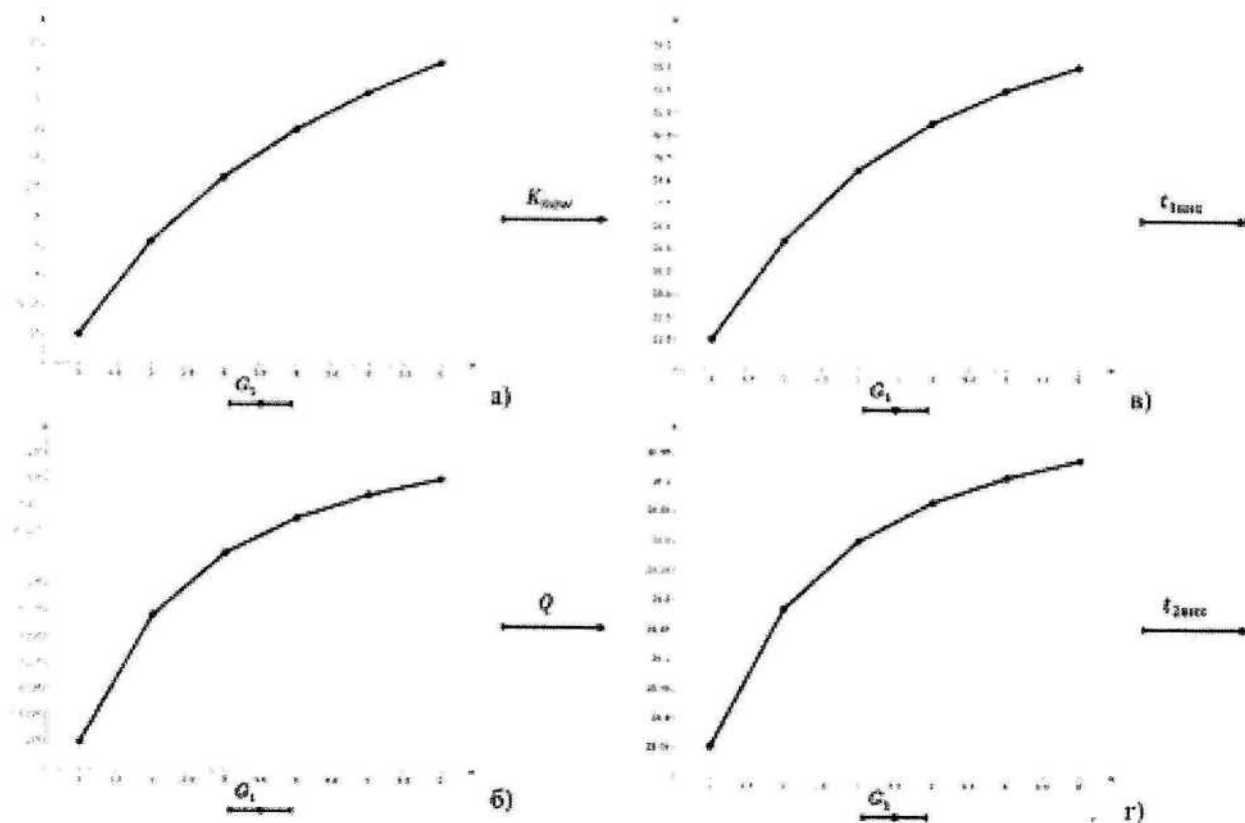


Рисунок 2.2 Трофіки залежності $K_{пер}$, Q , $t_{1вих}$, $t_{2вих}$ від витрат першого теплоносія G_1 ,

а) графік залежності коефіцієнту теплопередачі $K_{пер}$ від витрат G_1 ,

значення $3,4 \cdot 10^3$

На рисунку 2.2 в, представлено графік залежності теплової потужності Q від витрат G_1 . Графік змінюється нерівномірно, асимптотично наближується до значення $1,7 \cdot 10^5 \text{Вт}$.

На рисунку 2.2 б, г, представлено графіки залежності температури теплоносії на виході від витрат G_1 . З них можемо визначити графік руху теплоносіїв та середню різницю температур.

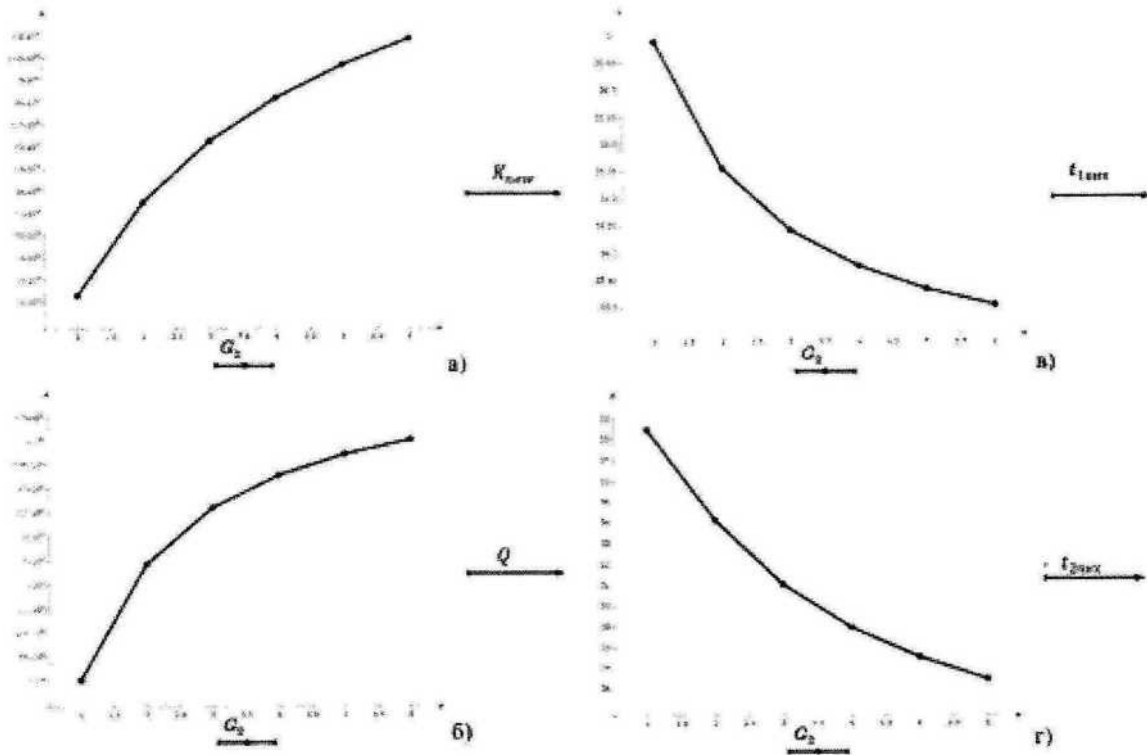


Рисунок 2.3 Графіки залежності K_{new} , Q , $t_{1вх}$, $t_{2вх}$ від витрат другого теплоносія G_2

- а) графік залежності коефіцієнту теплопередачі K_{new} від витрат G_2 ,
- б) графік залежності теплової потужності Q від витрат G_2 ,
- в) графік залежності температури першого теплоносія на виході $t_{1вх}$ від витрат G_2 .
- г) графік залежності температури другого теплоносія на виході $t_{2вх}$ від витрат G_2 .

На рисунку 2.3 а, представлено графік залежності коефіцієнту теплопередачі K_{new} від витрат G_2 . Графік змінюється параболічно, максимальне значення $3,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

На рисунку 2.3 в, представлено графік залежності теплової потужності Q від витрат G_2 . Графік змінюється нерівномірно, максимальне значення $1,7 \cdot 10^5 \text{ Вт}$.

На рисунку 2.3 б, г, представлено графіки залежності температури теплоносії на виході від витрат G_2 . Графіки змінюються гіперболічно. З них можемо визначити графік руху теплоносіїв та середню різницю температур.

2.5. Висновки до розділу

Проведено математичне моделювання процесу теплообміну у теплообміннику пластинчастому.

Розроблено програму моделювання теплообмінника пластинчастого на основі методу послідовних наближень. Досліджено залежність показників K_{new} , Q , $t_{1вих}$, $t_{2вих}$ від витрат першого G_1 та другого G_2 теплоносія відповідно.

Отже, з отриманих результатів можна зробити висновок, що при зміні витрат першого теплоносія G_1 коефіцієнт теплопередачі більший ніж при зміні витрат другого теплоносія G_2 . Це означає, що витрата першого теплоносія більше впливає на теплообмін. Тому, для оптимізації процесу, бажано варіювати витрати першого теплоносія.

3. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЬ

3.1. Аналіз систем реалізації моделювання та вибір програмного забезпечення

Комп'ютерне моделювання - метод рішення задачі аналізу або синтезу складної системи на основі використання її комп'ютерної моделі. Суть комп'ютерного моделювання полягає в отриманні кількісних і якісних результатів по існуючій моделі. Якісні висновки, отримані по результатам аналізу, дозволяють визначити невідомі раніше властивості складної системи: її структура, динаміку розвитку, цілісність та інше. Кількісні висновки в основному носять характер прогнозу деяких майбутніх або пояснення минулих значень змінних, які характеризують систему.

Комп'ютерна модель — це інформаційна модель, подана у знаковій формі та реалізована за допомогою комп'ютера. Комп'ютерна модель допомагає спостерігати й досліджувати явища й процеси в динаміці їх розгортання, здійснювати багаторазові випробування моделі, отримувати різноманітні кількісні показники в числовому або графічному поданні, зокрема такі, які потребують виконання складних, численних або трудомістких розрахунків [44].

Одним із прогресивних програмних продуктів, які відносяться до нового покоління є Solid Works, який розроблений компанією Solid Works Corporation. При цьому потенціал продукту по можливостям конструювання дозволяє створювати досить складні трьохвимірні деталі і збірки в машинобудуванні [6].

3.2. Побудова геометрії моделі та встановлення граничних умов

Було побудовано геометрію штамповки пластини розміром 300мм на 150мм, та канали що омивають цю пластину. На рисунку 3.1 зображено об'єм каналів, що омиваються.

Початкові умови:

- Початкова температура гарячого теплоносія - 60°C ;
- Початкова температура холодного теплоносія - 20°C ;
- Швидкість обох теплоносіїв - $0,01 \text{ м/с}$;

- Гарячий і холодний теплоносії - вода.
- Товщина пластини - 0,6мм.
- Матеріал пластини - сталь.
- Кінцевими умовами на виході теплоносіїв, тиск — 1 атм.

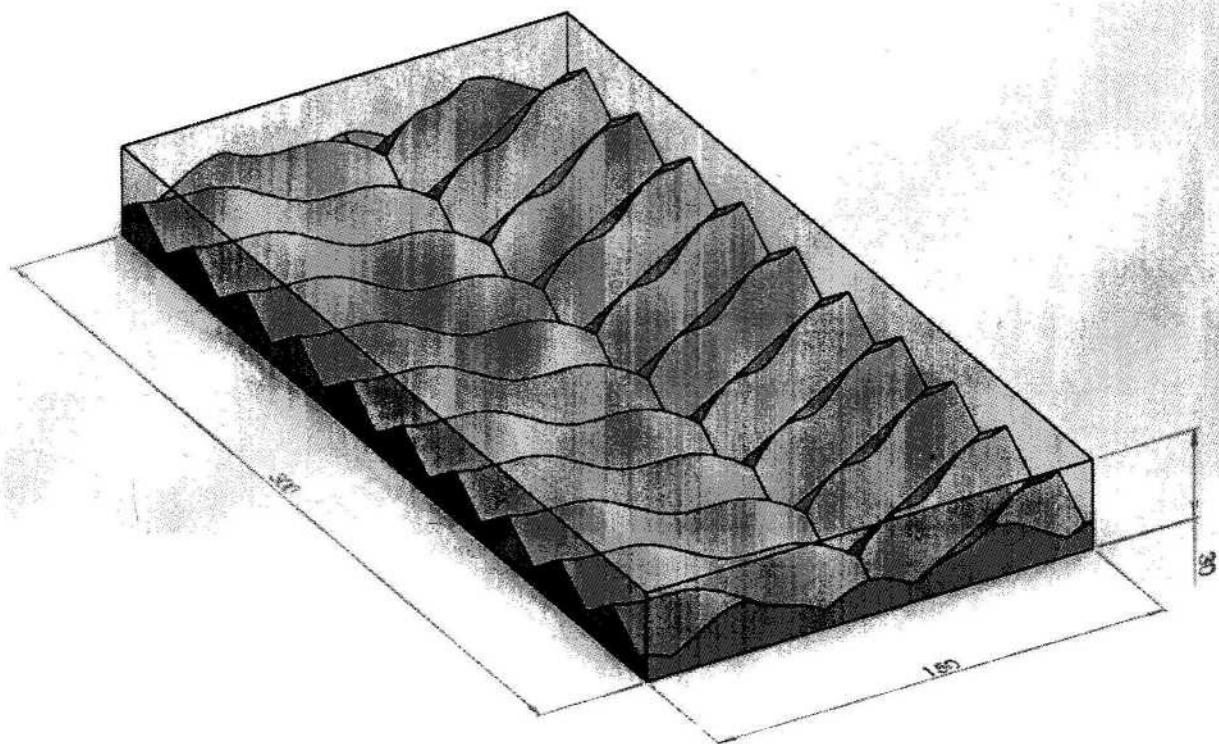


Рисунок 3.1. Моделювання об'єму що омиває пластину.

Одним із головних параметрів, від яких залежить якість проведення комп'ютерного моделювання - це сітка розбиття самої геометрії. Сітка кінцевих елементів зображена на рисунку 3.2, а її параметри на рисунку 3.3.

Вхід і вихід теплоносіїв показано на рисунку 3.4.

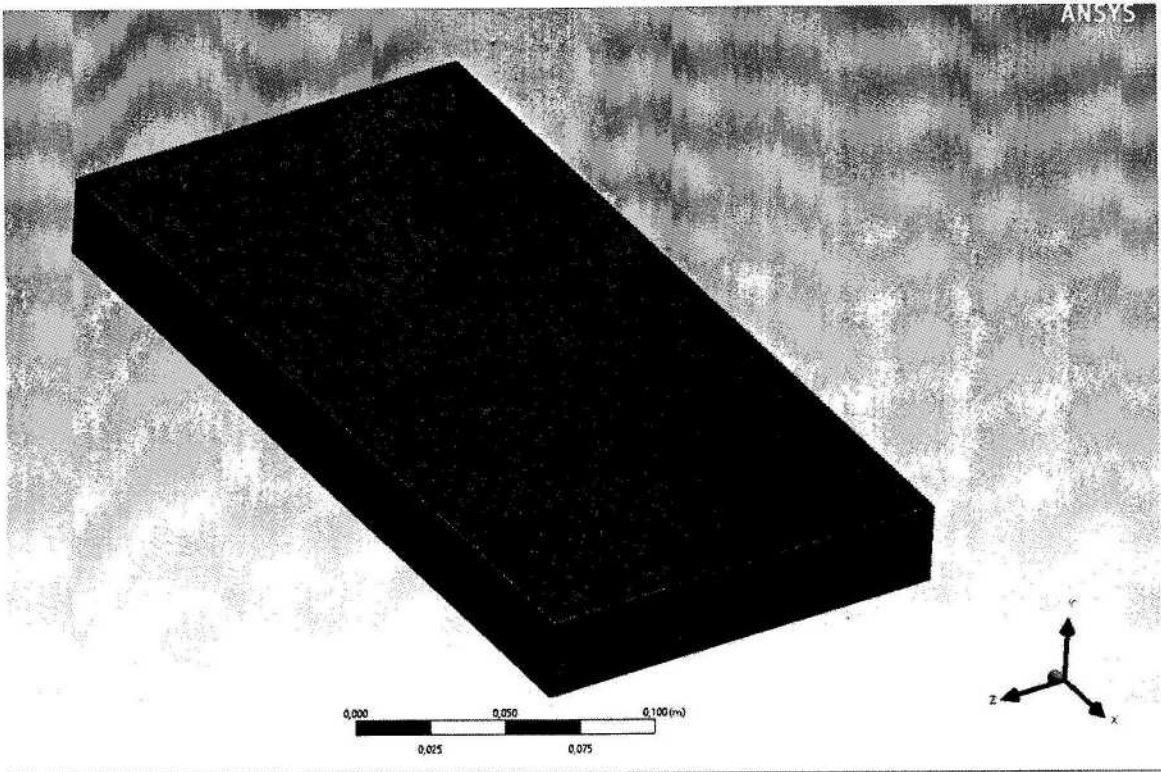


Рисунок 3.2. Сітка кінцевих елементів.

Details of "Mesh"	
Target Skewness	Program Controlled
Element Midside Nodes	Dropped
Sizing	
Size Function	Curvature
Relevance Center	Fine
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	High
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
☐ Curvature Normal A...	Default (18,0 °)
☐ Min Size	Default (5,31e-005 m)
☐ Max Face Size	1,e-003 m
☐ Max Tet Size	5,e-003 m
☐ Growth Rate	Default (1,20)
Automatic Mesh Based...	On
☐ Defeature Size	Default (2,655e-005 m)
Minimum Edge Length	5,7708e-003 m
Inflation	
Advanced	
Statistics	

Рисунко 3.3. Параметри сітки кінцевих елементів.

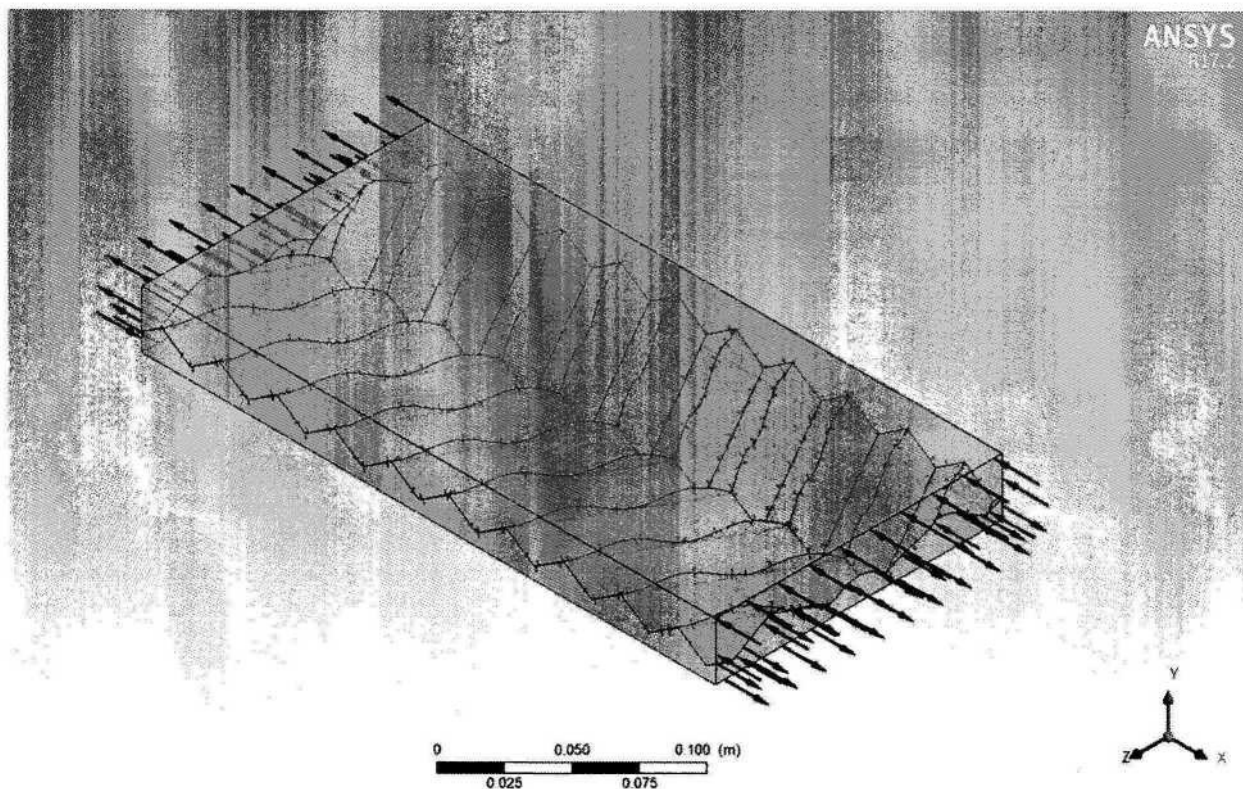


Рисунок 3.4. Вхід і вихід теплоносіїв.

Після проведення розрахунків, було отримано результати. На рисунку 3.5 зображено розподіл температури для стандартного штампування і модифікованого штампування. На рисунку 3.6 зображено розподіл температури по довжині для стандартного штампування і модифікованого штампування.

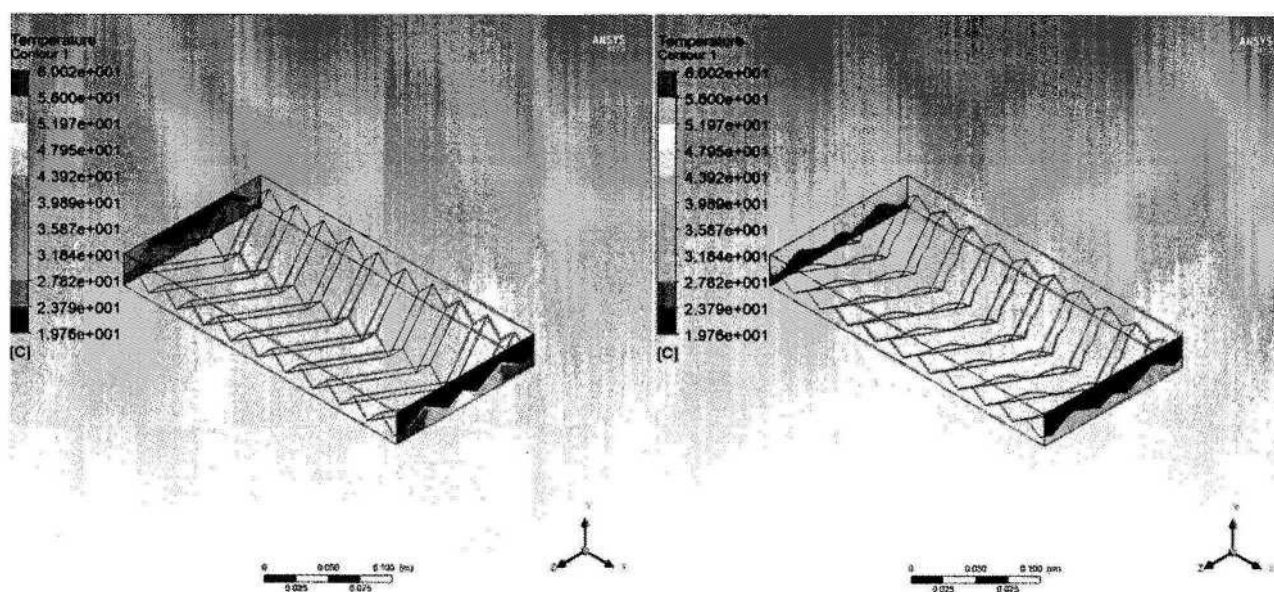


Рисунок 3.5. Розподілення температури на вході та виході для

стандарного та модифікованого штампування (стандартне штампування - зліва, модифіковане - праворуч).

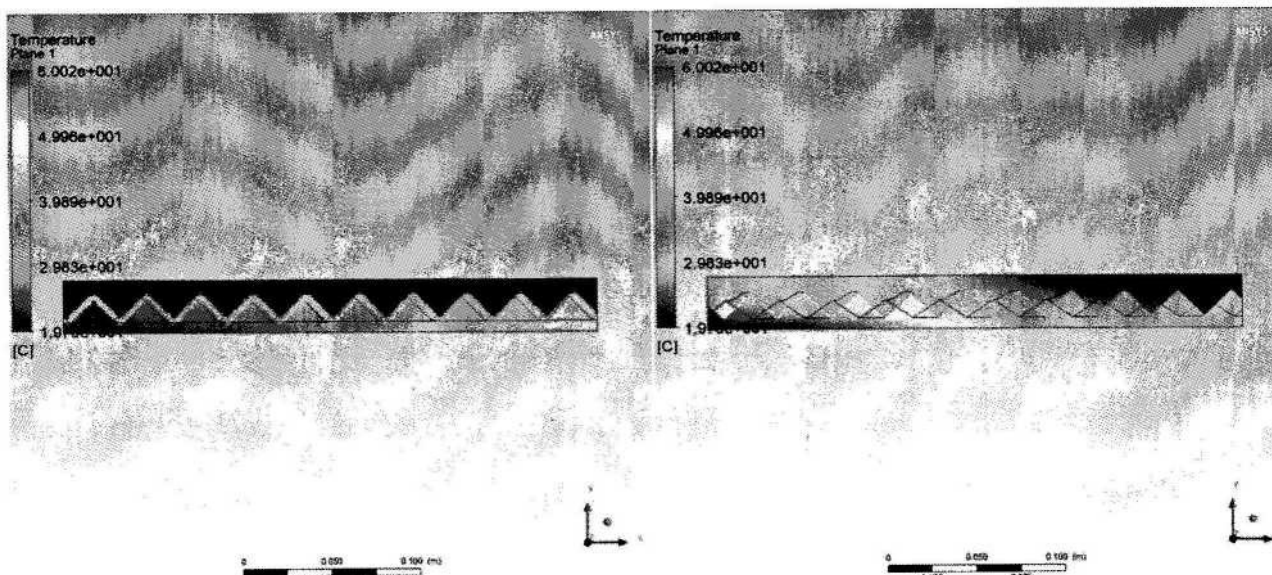


Рисунок 3.5. Розподілення температури по довжині для стандартного та модифікованого штампування (стандартне штампування - зліва, модифіковане - праворуч).

Також було отримано результати розподілення швидкостей по довжині пластини, результати зображено на рисунку 3.7.

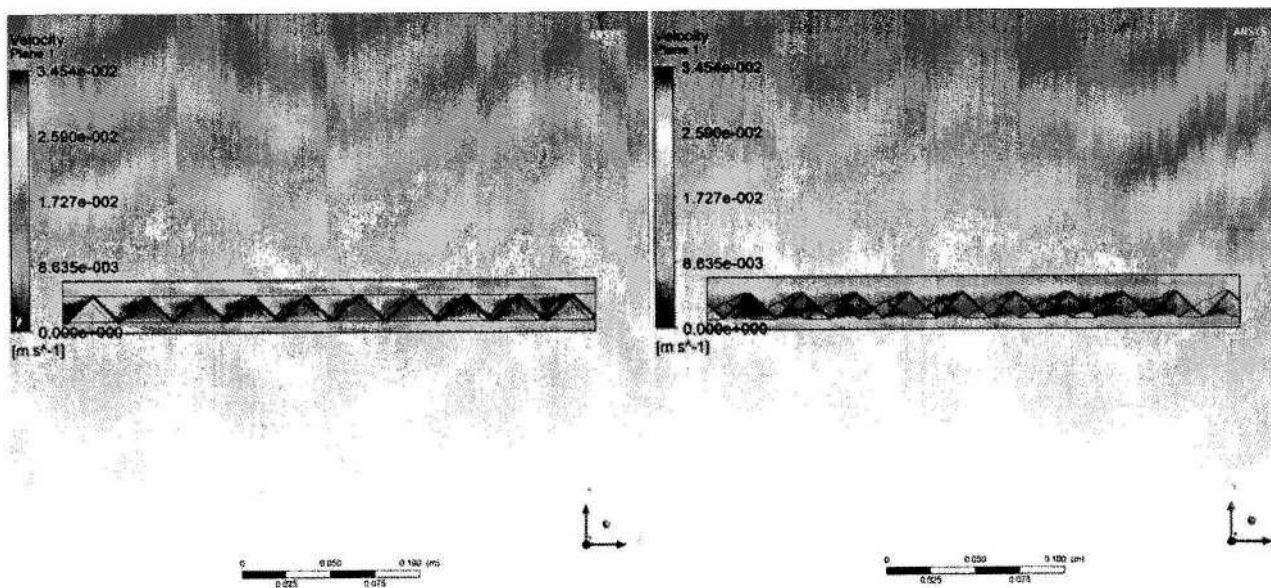


Рисунок 3.7. Розподілення швидкостей по довжині пластини для стандартного та модифікованого штампування (стандартне штампування - зліва, модифіковане - праворуч).

3.3. Аналіз результатів моделювання.

Було проведено дослідження як для стандартного штампування так і для модернізованого.

Відповідно до результатів для стандартного штампування становить середня температура на виході холодного теплоносія становить 27°C , а для гарячого теплоносія температура на виході 50°C .

Для модифікованого штампування середня температура на виході холодного теплоносія становить 37°C , а для гарячого теплоносія температура на виході 42°C .

Відповідно до результатів інтенсифікація процесу теплообміну для модифікованої штамповки більша на 20%. Це пояснюється тим, що в стандартній штамповці утворюється застійні зони, зі зривом потоку, а в модифікованій штамповці ця проблема усунена, через перепад висоти штамповки.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКА ПЛАСТИНЧАСТОГО

4.1. Опис технологічного процесу

Апаратурно - технологічна схема системи генерації води очищеної та пом'якшеної представлено на рисунку 4.1.

Вода вихідна буде надходити в систему генерації води очищеної та пом'якшеної з міського трубопроводу м. Київ.

До системи генерації води очищеної будуть входити наступні вузли:

1. Насос вихідної води.
2. Фільтр з промивкою.
3. Пристрій знезараження.
4. Ємність.
5. Система пом'якшення.
6. Фільтр захисний.
7. Система ультрафільтрації.
8. Насос дозувальний.
9. Ємність дозувальна.
10. Система дозування хімічних реагентів.
11. Насос.
12. Насос.
13. Теплообмінник пластинчастий.
14. Насос дозувальний.
15. Ємність дозувальна.
16. Фільтр захисний.
17. Установка зворотного осмосу I ступеня.
18. Установка зворотного осмосу II ступеня.

Стадії допоміжних робіт, умовне позначення «ДР», включають наступне:

Стадія «ДР» - 1 .Санітарно-гігієчна підготовка виробництва

Стадія «ДР» - 1.1 Підготовка приміщень до роботи;

Стадія «ДР» - 1.2 Миття й очищення устаткування;

Стадія «ДР» - 1.3 Підготовка технологічного одягу;

Стадія «ДР» - 1.4 Підготовка персоналу.

Стадії технологічних процесів, умовне позначення «ТП», включає наступне:

Стадія «ТП» - 2. Одержання води очищеної

Стадія «ТП» - 2.1 Видалення механічних домішок, дезінфекція води вихідної;

Стадія «ТП» - 2.2 Пом'якшення води;

Стадія «ТП» - 2.3 Ультрафільтраційне очищення;

Стадія «ТП» - 2.4 Очищення за допомогою двоступінчастої установки зворотного осмосу.

Далі у ємність для зберігання.

Короткий опис

З міського трубопроводу вода питна подається до насосу висхідної води Н-

1. Даний насос необхідний, щоб забезпечити достатній тиск вихідної води для правильної роботи вузла генерації води пом'якшеної і кількість промивної води для періодичного промивання пом'якшувача та механічного фільтра.

Звідси до фільтру механічного з автоматичним зворотним промиванням Ф-

2. Даний фільтр з градацією фільтрації 90мм оснащений модулем зворотної промивки призначений для попереднього очищення початкової води. Зворотна промивка здійснюється автоматично. Частота промивання встановлюється користувачем на панелі управління. Втрата тиску на фільтрі при номінальній витраті не більше 0,2 бар. Фільтр забезпечує безперебійне виробництво води в необхідній кількості протягом 24 годин на добу.

Далі переходить до дезінфектора UV-3 вихідної води. Дезінфектор UV пропонується для захисту води живильної, зворотний осмос від зростання бактерій. Пропонуються поставка UV - лампи з нержавіючої сталі з інтенсивністю опромінення 400 Дж /м³.

Далі вода подається до системи пом'якшення Пм-5. 2-х колонний пом'якшувач видаляє жорсткість з живильної води. Процес пом'якшення відбувається шляхом іонообміну Ca^{2+} і Mg^{2+} на іони Na^+ при використанні іонообмінної смоли. Іонообмінна смола періодично регенерується розчином хлориду натрію. Регенерація управляється обсягом, тобто відбувається після пом'якшення попередньо запрограмованої кількості води автоматично. Буде використана система яка складається з двох іонообмінних колон, двох ємкостей солянки і двох багатофункціональних клапанів управління. Після закінчення дегенерації однієї колони пом'якшувача, вона негайно починає працювати в паралельній системі з метою, щоб не виникали застійні зони води.

Проходить через фільтр захисний Ф-6 з картриджем $30\text{ }\mu\text{m}$.

Технічні дані

Тип	Aqua Big 20-1%,
Продуктивність при	$\Delta p=0,2$ бар $9\text{ м}^3/\text{год}$,
Точність фільтрації	$30\text{ }\mu\text{m}$,
Робоча температура макс. / мін.	$30/5^\circ\text{C}$,
Тиск	6 бар.

Звідси до системи ультрафільтрації УФ-7. Система ультрафільтрації заснована на модулі, ефективністю фільтрації 200kDA . Процес ультрафільтрації заснований на періодичній зворотному промиванні “dead end”. Регулювання витрати і зворотна хімічне промивання відбуватимуться повністю в автоматичному режимі.

Ультрафільтрація - стадія призначена для захисту мембран зворотного осмосу за допомогою видалення мікродомішок, колоїдних часток, які містяться у воді, виражені як число SDI (індекс щільності зважених часток). Регулювання витрат і зворотне хімічне промивання відбуватимуться повністю в автоматичному режимі.

Після ультрафільтраційної установки, яка була описана вище вода поступає до буферної ємності Д-9. Після цього вода поступає до системи пермеату УФ-10, через насос Н-11.

Технічні дані

Об'єм	1500дм ³ ,
Матеріал	поліетилен,
Діаметр/ Висота	1000/2000 мм,
Операційна макс/мін температура	30/5°C,
Термічна ізоляція	відсутня.
Термічна ізоляція відсутня.	

Насос вихідної води Н-11 необхідний, щоб забезпечити достатній тиск вихідної води для правильної роботи вузла генерації води пом'якшеної і кількість промивної води для періодичного промивання пом'якшувача і механічного фільтра.

Тип насоса	CRN 3-12,
Продуктивність	3 м ³ /год,
Робоча температура макс. / мін.	30/10°C,
Тиск	5 бар.

Вода поступає до теплообмінника пластинчастого Т-13, через насос Н-12. Теплообмінник призначений для підігріву води, яка живить установки зворотного осмосу до температури 20 ° С, що є необхідним в зимовий час.

Вода проходить дозування NaHSO_3 в системні дозування Д-15 і подається до захисного фільтра Ф-16 через насос Н-14.

Насичена вода подається на заключний етап установок зворотнього осмосу І ступень 3-18 та установок зворотнього ступеня ІІ ступень через насос високого тиску Н-17.

Після установок зворотнього осмосу вода подається на зберігання.

4.2. Призначення та область застосування теплообмінника пластинчастого

Одним з основних елементів будь-якої системи теплопостачання є теплообмінні апарати або просто теплообмінники. Пластинчасті теплообмінники належать до теплообмінників рекуперативного типу, тобто, в яких дві рідини з різними температурами рухаються в просторі розділеному твердою стінкою [9]. Зони призначені для передачі тепла від гарячого робочого середовища до холодного або навпаки, через теплообмінну поверхню.

У сучасних системах теплопостачання на зміну традиційним кожухотрубним теплообмінникам прийшли, і практично витіснили їх, пластинчасті теплообмінники.

Основні області застосування теплообмінних апаратів:

- харчова промисловість;
- хімічне виробництво;
- фармацевтична промисловість;
- енергетична промисловість [22].

На фармацевтичних підприємствах пластинчасті теплообмінники використовуються для нагріву кислот, суспензій, плазми крові, охолодження настоїв і емульсій. У хімічній промисловості без теплообмінників неможливо охолодження кислот, сольових розчинів та інших речовин. Попит такого обладнання пояснюється широкою сферою застосування і функціональністю.

У системі генерації води очищеної використовується теплообмінник пластинчастий. Його призначення полягає у підігріві води до температури, необхідної для двоступінчастої установки зворотного осмосу, а саме до 30°C.

4.3. Обґрунтування вибору теплообмінника пластинчастого і вибір матеріалу

Пластинчастий теплообмінник складається з пакету металевих гофрованих пластин з отворами, які формують канали для двох рідин, що беруть участь в процесі теплообміну.

Необхідна кількість пластин, їх профіль і типорозмір визначаються інтенсивністю потоку, фізичними властивостями рідин, допустимими перепадами тиску і температурою. Гофрована поверхня пластин забезпечує високу турбулентність потоків і жорсткість конструкції теплообмінника. Матеріали ущільнень підбираються з урахуванням властивостей рідин і рівня робочих температур. Теплообмінник має безклеюві кільцеві ущільнення, легко замінні [2].

До плити (рис.4.2) нерухомої 3, приєднують штанги направляючі 4,7. Встановлюють плиту прижимну 5, далі приєднують задню стійку 6, між плитами встановлюють пластини 8 з прокладками, їх затискають між плитами і фіксують за допомогою шпильок і гайок. На цьому збірку апарата завершено, далі його встановлюють в проектне положення.

Рідини, які беруть участь в процесі теплопередачі, надходять в теплообмінник через вхідні патрубки. Ущільнення, встановлені спеціальним чином, забезпечують розподіл рідин по відповідним каналам, виключаючи можливість змішування потоків. Гофрована поверхня пластин забезпечує формування каналів, високу турбулентність потоку і механічну міцність пакету пластин. Тепло від однієї рідини до іншої передається через пластини, а повністю протivotочна або при необхідності паралельна схема руху теплоносіїв дозволяє домогтися максимальної ефективності теплопередачі.

Конструктивно пластинчатий теплообмінник представляє собою пакет гофрованих штампованих пластин і прокладок, встановлених в спеціальну раму і стягнутий різьбовими шпильками до заданого розміру який забезпечує необхідну герметичність. Така конструкція теплообмінника забезпечує ефективну компоновку поверхні і, відповідно, малі габарити самого апарату[5].

Пластини, стягнуті в пакет, забезпечують взаємну опору в точках контактів, що дозволяє порівняно тонким пластинам стабільно працювати при великому тиску. Кожна пластина омивається двома робочими середовищами: з одної сторони — охолоджуючим, а з іншої - тим, що нагріває, у результаті чого

між середовищами відбувається теплообмін. Середовища протікають поперек гофрів, турбулізуються, що сприяє інтенсифікації теплообміну.

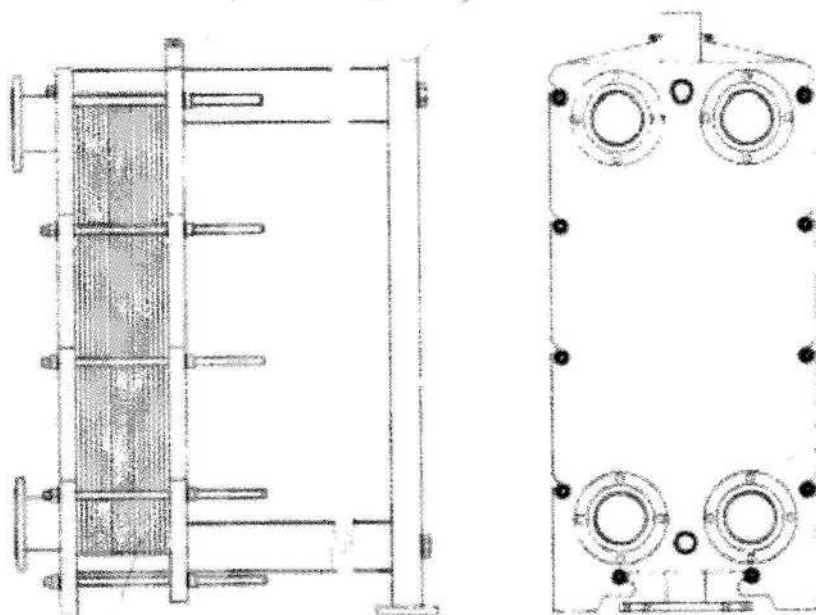


Рисунок 4.2 - Схема пластинчастого теплообмінного апарату

1, 2 - штуцер; 3 - плита нерухома; 4, 7 - штанга направляюча; 5 - плита прижимна; 6 — задня стійка; 8 — теплообмінна пластина.

Теплообмінні пластини мають по контуру паз, в якому закріплена ущільнююча прокладка з термостійкої гуми. Прокладки легко монтуються на пластину без клейовим способом за допомогою спеціальних затискачів. Розміщення патрубків для введення і відведення середовищ можливо як на опорній, так і притискній плитах. Пластини виготовляються з харчової нержавіючої хромованої сталі феритного класу 15Х25Т за ГОСТ 5582-75, а прокладки з гумової суміші харчового призначення ИР-79 за ТР 51-20-617, з максимальною робочою температурою до 100 °С [7].

Існує можливість заміни стандартної пластини на пластину виду представленій на рисунку 4.3. Задача інтенсифікації процесу теплообміну вирішується тим, що в пластинчастому теплообміннику, який виконаний у вигляді пакета паралельно розташованих теплообмінних пластах та

ущільнювальних прокладок, в пластині утворюється штамповка з різною висотою по довжині штампоки.

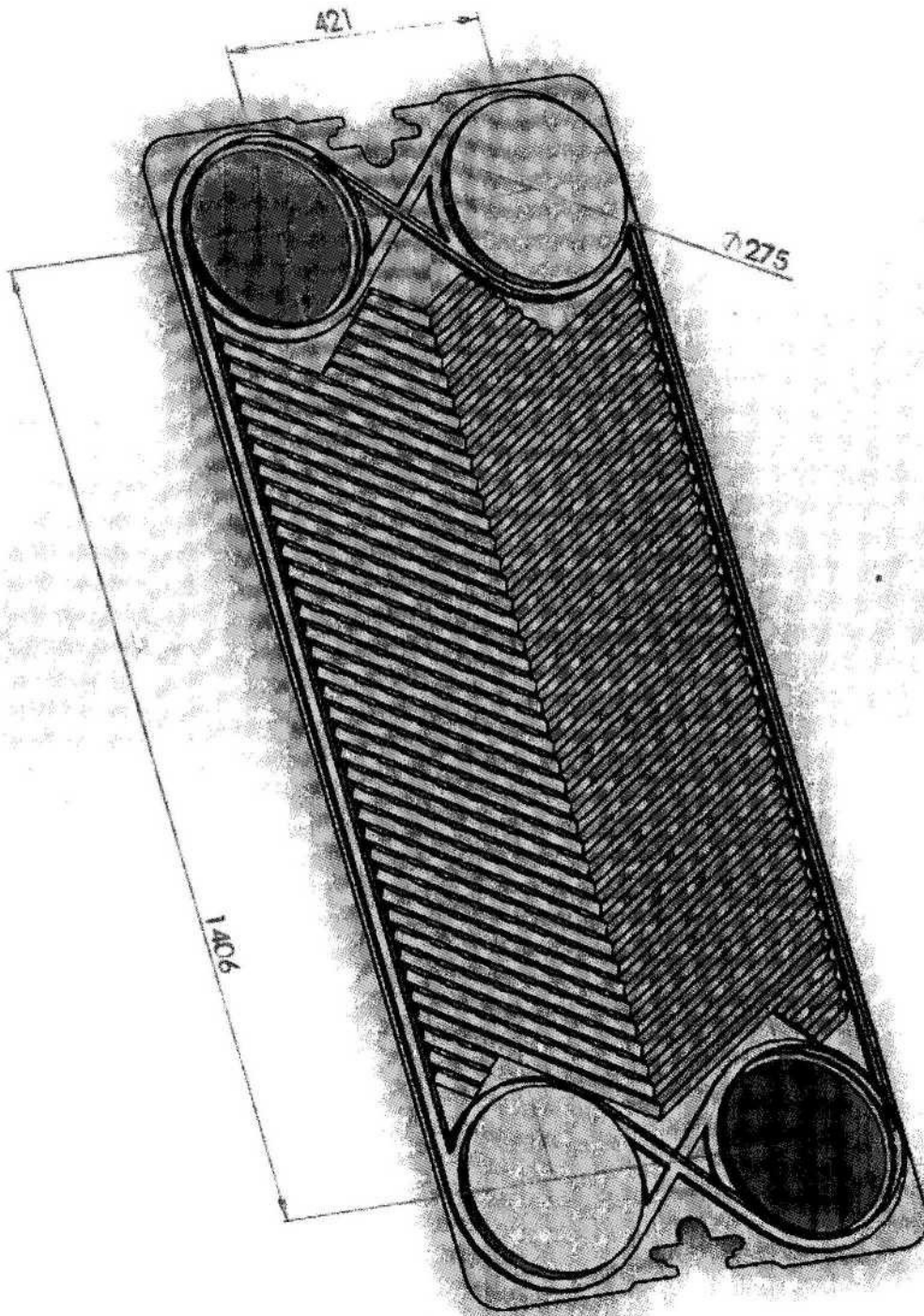


Рисунок 4.3 - Пластина теплообмінна модернізованою виштамповкою. Таке виконання забезпечує турбулізацію потоку теплоносія і інтенсифікує тим самим процес теплообміну.

4.4. Технологічний розрахунок пластинчастого теплообмінника.

Технологічний розрахунок пластинчастого теплообмінника полягає у визначенні основних розмірів апарата, його конструктивних елементів, необхідної площі теплообміну, вибір та перевірка стандартного обладнання для заданого технологічного процесу.

Вихідні данні:

- холодний теплоносіє - вода;
- початкова температура теплоносія – $t_{1H} = 20^{\circ}\text{C}$;
- кінцева температура теплоносія – $t_{1K} = 30^{\circ}\text{C}$;
- гарячий теплоносіє - вода;
- витрати розчину гарячого теплоносія - $G_2 = 70 \frac{m}{год}$;
- початкова температура розчину гарячого теплоносія - $t_{2n} = 80^{\circ}\text{C}$;
- кінцева температура розчину холодного теплоносія – $t_{2K} = 40^{\circ}\text{C}$;
- схема руху теплоносіїв - протитечія.

Визначаємо теплофізичні властивості поживного середовища та гарячого теплоносія при визначеній температурі:

Середній температурний напір (рис. 4.4):

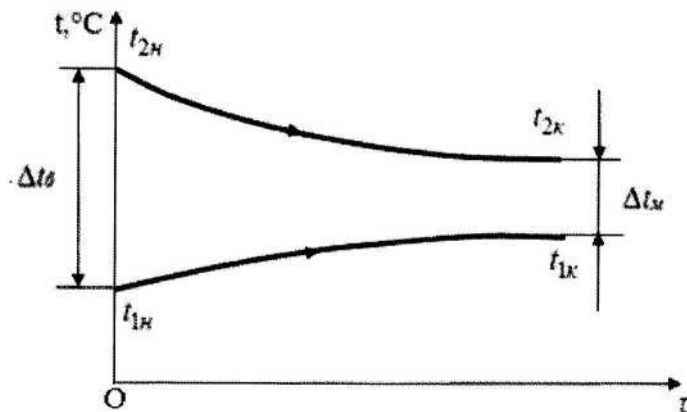


Рисунок 4.4. Схема взаємного напрямку руху теплоносіїв та зміни їх температури протягом процесу теплообміну.

$$t_{1к} = 30^{\circ}\text{C} \leftarrow t_{1н} = 20^{\circ}\text{C};$$

$$t_{2н} = 80^{\circ}\text{C} \rightarrow t_{2к} = 40^{\circ}\text{C};$$

Середня температура розчину гарячого теплоносія $t_2, ^{\circ}\text{C}$:

$$t_2 = 0,5(t_{2н} + t_{2к}) = 0,5 \cdot (80 + 40) = 60^{\circ}\text{C}.$$

Середня різниця температур $\Delta t_{cp}, ^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln\left(\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}\right)} = \frac{(80 - 30) - (40 - 20)}{\ln\left(\frac{80 - 30}{40 - 20}\right)} = 42,3^{\circ}\text{C}.$$

Середня температура води : $t_1, ^{\circ}\text{C}$:

$$t_1 = \frac{t_{1к} + t_{1н}}{2} = \frac{20 + 30}{2} = 25^{\circ}\text{C}.$$

Теплофізичні властивості води при $t_1 = 25^{\circ}\text{C}$ [17]:

Густина - $\rho_1 = 998 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$

Теплопровідність - $\lambda_1 = 0,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}};$

Питома теплоємність - $c_1 = 4183 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$

Динамічна в'язкість - $\mu_1 = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{Па} \cdot \text{с}.$

Теплофізичні властивості води при $t_2 = 60^{\circ}\text{C}$:

Густина - $\rho_2 = 970 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$

Теплопровідність - $\lambda_2 = 0,53 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}};$

Питома теплоємність - $c_2 = 3422 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$

Динамічна в'язкість - $\mu_2 = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{Па} \cdot \text{с}.$

Теплове навантаження Q, Bm :

$$Q = G_2 c_2 (t_{2н} - t_{2к}) = \frac{70 \cdot 1000}{3600} \cdot 3422 \cdot (80 - 40) = 4325028 Bm.$$

Витрати вод: $G_1, \frac{кг}{с}$:

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 (t_{1к} - t_{1н})} = \frac{4325028}{4183 \cdot (30 - 20)} = 172,32 \frac{кг}{с} = 47,9 \frac{т}{год}$$

Орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі приймаємо по табл 4.1 [12]. При вимушеному русі при теплопередачі від рідини до рідини (води)

рекомендується приймати $K_{op} = 800 \dots 1700 \frac{Bm}{м^2 \cdot K}$. Теплофізичні властивості

розчину гарячого теплоносія приймаємо рівним: $K_{op} = 820 \frac{Bm}{м^2 \cdot K}$

Орієнтовна поверхня теплопередачі $F_{op}, м^2$:

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \Delta t_{cp}} = \frac{4325028}{820 \cdot 42,3} = 93,69 м^2.$$

Розглянемо пластинчастий теплообмінник типу ТПР (виконання 2) з

площею поверхні $F_{op} = 93,6 м^2$; площею поверхні пластини $f = 1,3 м^2$, кількістю пластин $N = 72 шт.$ [18, таблиця 42.16].

Технічна характеристика пластин $f = 1,3 м^2$ [29]

Габаритні розміри (довжина x ширина x товщина), мм	1915 x 920 x 1
Площа поверхні теплообміну пластини f , $м^2$	1,3
Маса пластини, кг	12
Еквівалентний діаметр каналу d_3 , м	0,0096
Поперечний переріз каналу S , $м^2$	0,00425
Наведена довжина каналу L_{np} , м	1,47

З метою збільшення коефіцієнтів тепловіддачі, а отже, і коефіцієнта теплопередачі збільшуємо число пакетів (ходів) в теплообміннику.

Вибираємо компоновку пластин за схемою:

$$C_x = \frac{18+18}{18+18},$$

де 18 - кількість міжпластинних каналів в кожному пакеті.

Швидкість води в каналах $(m_1 = 18) \quad w_1, \frac{m}{c}$:

$$w_1 = \frac{G_1}{m_1 \rho_1 S} = \frac{172,32}{18 \cdot 998 \cdot 0,00425} = 1,69 \frac{m}{c}.$$

Критерій Прандтля Pr :

$$Pr_1 = \frac{\mu_1 c_1}{\lambda_1} = \frac{1,05 \cdot 10^{-3} \cdot 4183}{0,6} = 7,32.$$

Критерій Рейнольдса Re :

$$Re_1 = \frac{w_1 d_s \rho_1}{\mu_1} = \frac{1,69 \cdot 0,0096 \cdot 998}{1,05 \cdot 10^{-3}} = 15420 > 50,$$

отже режим турбулентний.

Коефіцієнт тепловіддачі від води до стінки при $Re > 50$ за формулою

$$\alpha_1, \frac{Wt}{m^2 \cdot K}:$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{\lambda_1}{d_s} \cdot 0,135 Re_1^{0,73} Pr_1^{0,43} \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm1}} \right)^{0,25} = \\ &= \frac{0,6}{0,0096} \cdot 0,135 \cdot 15420^{0,73} \cdot 7,32^{0,43} \cdot 1 = 22659 \frac{Wt}{m^2 \cdot K}. \end{aligned}$$

де $\frac{Pr_1}{Pr_{cm1}}$ приймаємо рівним одиниці, так як температури рідини і

стінки майже не відрізняються.

Швидкість гарячого теплоносія в каналах $(m_2 = 18) \quad w_2, \frac{m}{c}$:

$$w_2 = \frac{G_2}{m_2 \rho_2 S} = \frac{19,4}{18 \cdot 1032 \cdot 0,00425} = 0,18 \frac{м}{с}.$$

Критерій Прандтля Pr :

$$Pr_2 = \frac{\mu_2 c_2}{\lambda_2} = \frac{1,55 \cdot 10^{-3} \cdot 3422}{0,53} = 10.$$

Критерій Рейнольдса Re :

$$Re_2 = \frac{w_2 d_2 \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,18 \cdot 0,0096 \cdot 1032}{1,55 \cdot 10^{-3}} = 1150 > 50,$$

отже режим турбулентний.

Коефіцієнт тепловіддачі від гарячого теплоносія до стінки при $Ke > 50$ за

формулою $\alpha_2, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \frac{\lambda_2}{d_2} \cdot 0,135 Re_2^{0,73} Pr_2^{0,43} \left(\frac{Pr_2}{Pr_{cm2}} \right)^{0,25} = \\ &= \frac{0,53}{0,0096} \cdot 0,135 \cdot 1150^{0,73} \cdot 10^{0,43} \cdot 1 = 3440 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}. \end{aligned}$$

де $\frac{Pr_2}{Pr_{cm2}}$ приймаємо рівним одиниці, так як температури рідини і стінки

майже не відрізняються.

Приймаємо:

- $r_1 = 2900 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ [15, таблиця XXXI; 3, таблиця 39] - теплопровідність забруднень з боку холодного теплоносія;
- $r_2 = 2000 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ [15, таблиця XXXI; 3, таблиця 39] - теплопровідність забруднень з боку гарячого теплоносія;
- $\lambda_{cm} = 17,5 \frac{Вт}{м \cdot К}$ [15, таблиця XXXVIII; 3, таблиця 17] - теплопровідність нержавіючої сталі;

$\delta_{cm} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ - товщина гофрованої пластини.

Загальний термічний опір $R_{cm}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$:

$$R_{cm} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2} = 0,000902 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі $K, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + R_{cm} + \frac{1}{\alpha_2} = \frac{1}{22659} + 0,000902 + \frac{1}{3440} = 0,0012 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$K = 821,31 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Розрахункова поверхню теплопередачі $F_p, \text{м}^2$:

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \Delta t_{cp}} = \frac{4325028}{821,31 \cdot 41,9} = 93,68 \text{ м}^2.$$

Розрахункова поверхня майже не відрізняється, тому приймаємо щодо встановлення розбірний пластинчастий теплообмінник типу ТПР виконання 2) з площею поверхні $F_{op} = 93,6 \text{ м}^2$; площею поверхні пластини

$f = 1,3 \text{ м}^2$, кількістю пластин $N = 72 \text{ шт}$.

Зважаючи на те, що в математичному модулюванні модифікована пластина показала результати на 20% краще ніж звичайна, тому доцільно використовувати на 20% менше площі теплообміну, а отже і кількість пластин.

Гідравлічний опір теплообмінника:

Вихідні данні:

Теплоносій - вода

$$w_1 = 1,18 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \text{Re}_1 = 25392 > 50; \quad x_1 = 2; \quad L_{np} = 1,47 \text{ м}; \quad d_g = 0,0096 \text{ м};$$

$$\rho = 980,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad d_{шт} = 0,3 \text{ м} [13].$$

$$\Delta P_2 = x_2 \xi_2 \frac{L_{np}}{d_3} \cdot \frac{\rho_2 w_2^2}{2} = 2 \cdot 0,051 \cdot \frac{1,47}{0,0096} \cdot \frac{1050 \cdot 0,33^2}{2} = 893 \text{ Па.}$$

4.5. Технічна характеристика

1. Апарат призначений для нагріву води очищеної.

2. Гарячий теплоносій - вода технологічна.

3. Холодний теплоносій — вода очищена.

4. Температура, °С:

а) гарячого теплоносія на вході 80;

б) гарячого теплоносія на виході 40;

в) холодного теплоносія на вході 20;

г) холодного теплоносія на виході 40.

5. Абсолютний тиск, МПа:

а) в пакеті гарячого теплоносія 0,11;

б) в пакеті холодного теплоносія 0,11.

6. Витрати теплоносіїв, т/год

а) гарячого 19,4;

б) холодного 47,9.

7. Площа теплообміну платсини, м²: 1,3

8. Захальна площа поверхні теплообміну, м²: 78

9. Габаритні розміри, мм:

Довжина 1864

Ширина 895

Висота 2232

10. Мага, кг: 1200

4.6. Розрахунок конструктивних елементів у пакеті SolidWorks

Так як, даний апарат може застосовуватись в різних галузях та при різних режимах роботи, при проектуванні необхідно задаватися певним запасом гідності. У пакеті SolidWorks була спроектована конструкція теплообмінника пластинчастого із використанням реальних фізичних властивостей матеріалів

було проведено дослідження конструктивних елементів на міцність з заданим тиском $P=0,1$ МПа.

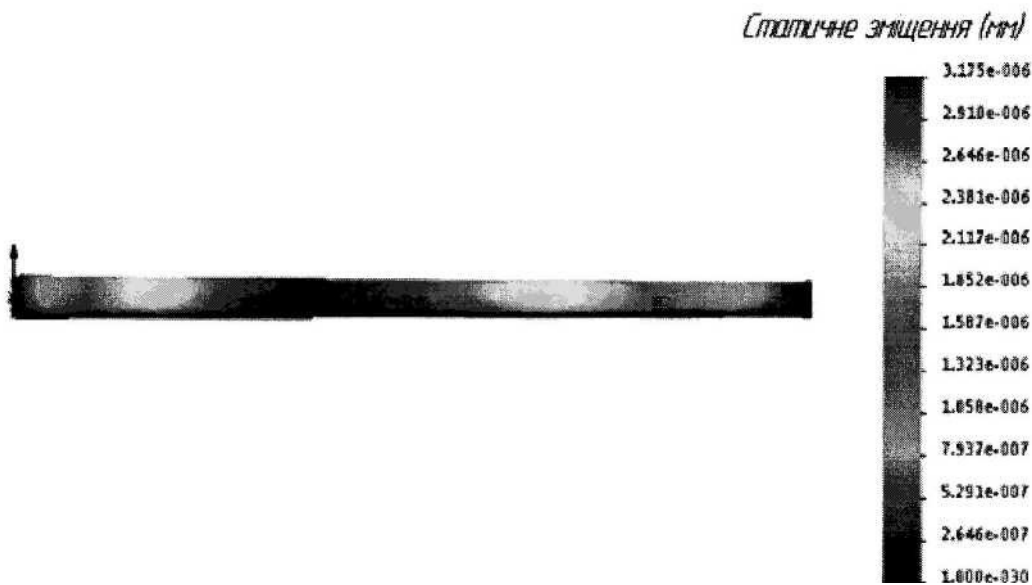


Рисунок 4.5 - Шпилька, статичне зміщення На рис. 4.5

зображена еюра зміщення шпильки, тобто на розтяг. Максимальне зміщення конструктивного елемента досягається в червоних зонах, а саме в місці де пластини прижимає плита прижимна і становить $3,17 \cdot 10^{-6}$ Па.

На рис. 4.7 зображена еюра напружень, штанги верхньої від стропування. Максимальне напруження конструктивного елемента досягається в місці розміщення пакету пластин і становить $2,57 \cdot 10^5$ Па.

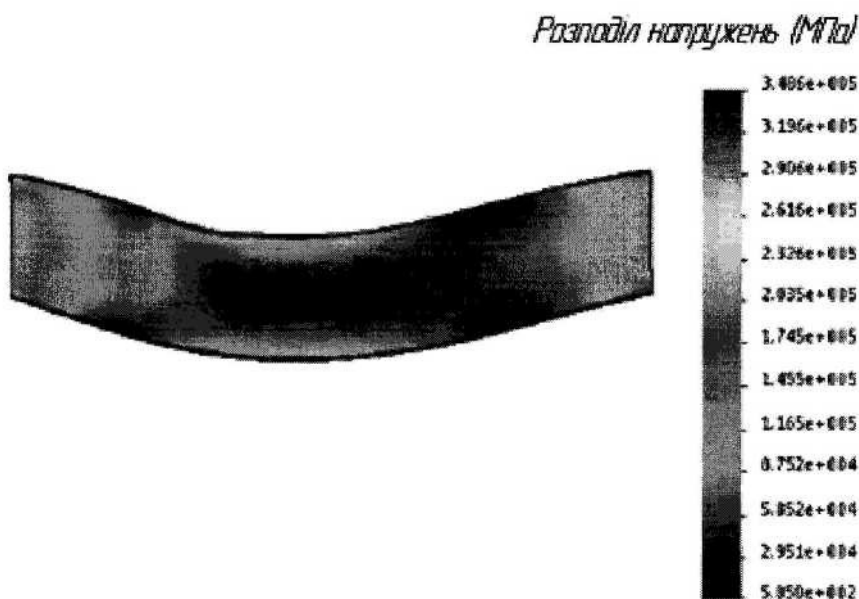


Рисунок 4.6 - Штанга верхня, розподіл напружень

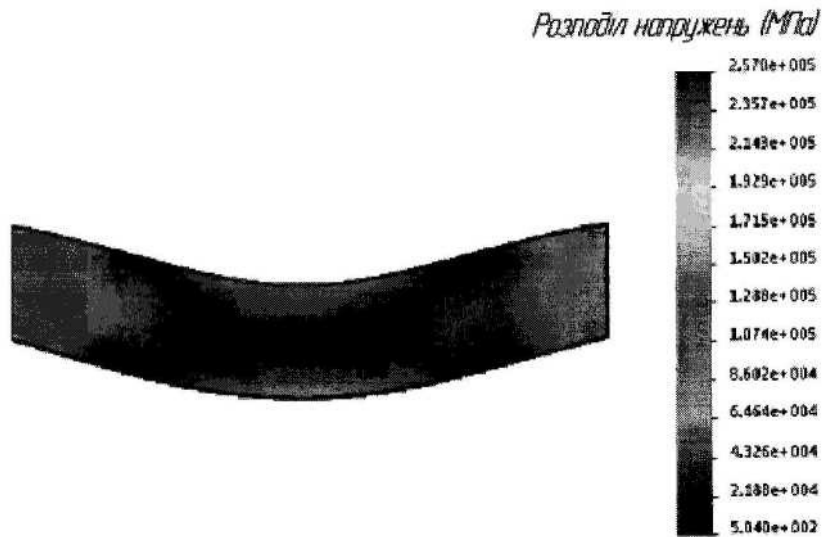


Рисунок 4.7 - Штанга верхня, розподіл напружень

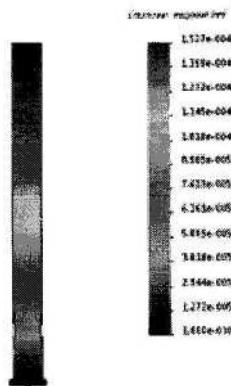


Рисунок 4.8 - Опора, статичне зміщення

На рис. 4.8 зображена еюра зміщення опори, тобто на розтяг. Максимальне зміщення конструктивного елемента досягається місці кріплення штанги верхньої і становить $1,52 \cdot 10^{-4}$ Па.

4.7. Рекомендації з монтажу та експлуатації

Перед початком монтажу виконують плануючі та транспортні роботи, прокладку допоміжних трубопроводів та електричного кабелю, установку приладів, монтажного та такелажного інструмента.

Після монтажних робіт необхідно провести випробування апарата на герметичність, міцність та щільність.

Монтаж повинен виконуватися кваліфікованими спеціалістами, організаціями, які мають відповідні ліцензії на право проведення подібних робіт у відповідності до вимог діючих нормативних документів. При монтажі теплообмінника пластинчастого необхідно правильно проводити стропування (рисунок 4.11) [15].

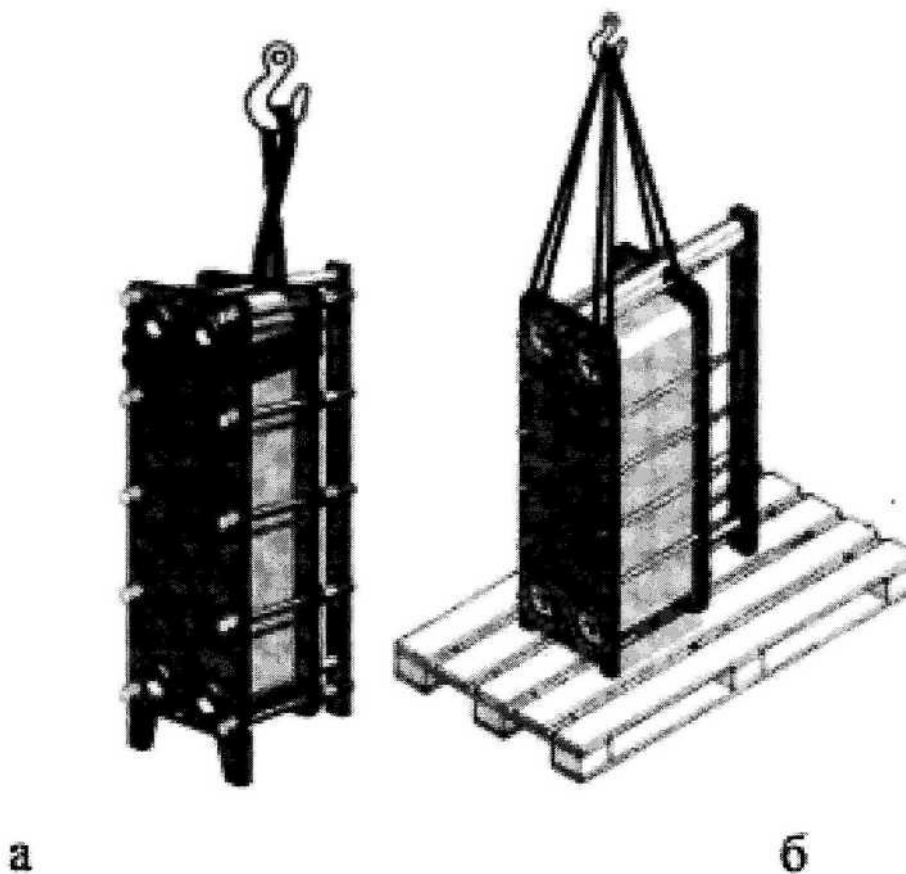


Рисунок 4.11 - Схеми стропування теплообмінника:

а - без транспортувальних отворів; б - з транспортувальними отворами.

Для стропування теплообмінника слід використовувати стропа синтетичні, в жодному разі не сталеві. Не можна використовувати кріпильні вироби чи патрубки для переміщення, для цього використовують спеціальні отвори або раму теплообмінника(рисунок 4.12).

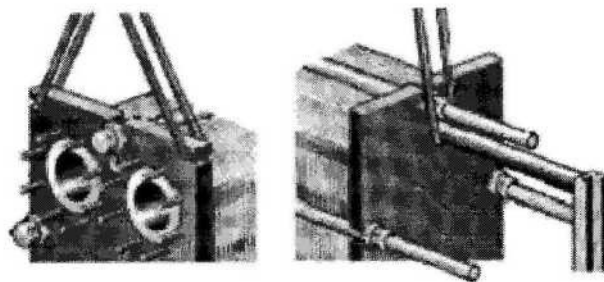


Рисунок 4.12 - Приклад закріплення стоп.

Апарат повинен бути встановлений таким чином, щоб мати легку можливість виконувати обслуговування і технічний огляд.

Для закріплення теплообмінника пластинчастого не вимагається спеціальної конструкції, наприклад, як для кожухотрубного теплообмінника. Достатньо встановити його на жорстко закріплену раму на підлозі (рисунок 4.13).

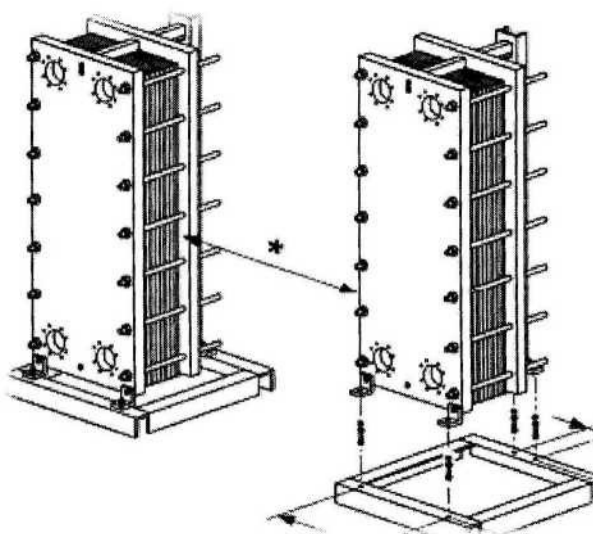


Рисунок 4.13 - Приклад закріплення апарата на монтажній площадці.

Також на пластинчастий теплообмінник можна встановлювати захисний екран (рисунок 4.14), для попередження розбризкування рідини у випадку протікання апарату [17].

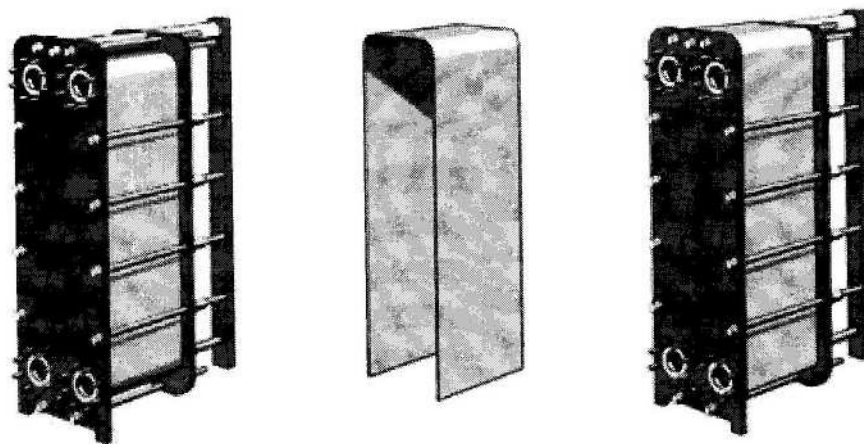


Рисунок 4.14 - Встановлення захисного екрану

4.8. Гідравлічне та теплотехнічне випробування

Гідравлічне випробування проводиться з метою виявлення дефектів та недоробок, які заважають отримати необхідну герметичність конструкції.

Випробування проводиться для корпусу, трубної системи, зібраного апарата та для апарата з допоміжним обладнанням. Дуже важливо забезпечити уникнення прогону апарата при наповненні його водою.

Порядок випробування наступний. Після внутрішнього та зовнішнього огляду та очищення заглушають всі отвори і штуцера. Через один тимчасовий ніпель наповнюють апарат водою. Ще два ніпелі необхідні для виходу повітря при наповненні його водою (верхній) та для спуску води після випробувань (нижній). Замість ніпелів можна використати штуцера. Температура води повинна бути не нижче температури оточуючого середовища, але не вище 40 °С. Після наповнення, за допомогою насоса, в апараті утворюють випробувальний тиск та підтримують його 5 хвилин. Потім знижують тиск до робочого та підтримують його 2 години. Одночасно проводять огляд апарата з метою виявлення дефектів. Результати випробувань визнають позитивними, якщо впродовж 2 годин тиск води знизився не більше ніж на 5 %.

4.9. Висновки до розділу

Для підтвердження працездатності та надійності конструкції апарату були проведені тепловий та розрахунки на міцність.

Визначено кількість пластин для данного процесу - 60шт.

У пакеті SolidWorks була спроектована конструкція теплообмінника пластинчастого із використанням реальних фізичних властивостей матеріалів було проведено дослідження конструктивних елементів (штанга верхня, штанга нижня та опора, шпильку).

Штангу верхню навантажувала масою ролика (-10 кг). Максимальне напруження конструктивного елемента досягається в місці розміщення ролика і становить $3,48 \cdot 10^5$ Па.

Штангу нижню навантажувала масою пакету пластин (~ 25 кг). Максимальне напруження конструктивного елемента досягається в місці розташування пакетів пластин і становить $2,57 \cdot 10^5$ Па. Опору досліджувала на статистичне зміщення, тобто на розтяг.

Максимальне зміщення конструктивного елемента досягається в місці кріплення штанги верхньої і становить $1,52 \cdot 10^{-4}$ Па.

Шпильку досліджувала на статистичне зміщення, тобто на розтяг. Максимальне зміщення конструктивного елемента досягається в місці, де пакет пластин прижимає плита прижимна і становить $3,17 \cdot 10^{-6}$ Па.

Аналіз розрахунків доводить, що при заданих навантаженнях втрат міцності немає і деформації конструктивних елементів мінімальні.

Отже, розрахунки довели надійність і працездатність проектного апарату та підтвердили доцільність обраної конструкції теплообмінника пластинчастого для забезпечення ефективного протікання процесу теплопередачі.

5. РОЗРОБКА СТАРТАП - ПРОЕКТУ

5.1. Резюме

В умовах сучасного життя в науково-технічній і соціально-економічній сферах спостерігаються тенденції прискорення і розвитку, зменшення часу, збільшення кількості і різноманітності змін, що характеризують умови функціонування підприємств. Основою економічного розвитку є інноваційні процеси, їх втілення в нових продуктах і новій техніці.

Першочерговим завданням у виробництві харчових засобів для аерокосмічних технологій є забезпечення високої якості кінцевого продукту виробництва. Вирішення цієї задачі пов'язане зі створенням нових та вдосконаленням існуючих технологій, оснащенням виробничих приміщень сучасним обладнанням, забезпеченням підприємств висококваліфікованими кадрами.

Основною стадією виробництва харчових продуктів для аерокосмічних технологій є сублимаційне сушіння. Однією з важливіших технічних задач при сублимаційній сушці є підтримка рівномірної температури на поверхні плити. Для підведення теплоносія в плиті передбачені отвори. Форма і розмір отворів впливають на рівномірність розподілення температури на поверхні плити. Для забезпечення рівномірності розподілу температур на поверхні плити запропонована нова конструкція отворів для підведення теплоносія.

Метою наукової розробки задоволення матеріальних потреб підприємств, де використовується схема водоочистки з теплообмінником пластинчастим (фармацевтична, харчова, хімічна та енергетична промисловість) за рахунок впровадження удосконаленої конструкції теплообмінника пластинчастого.

Тема - лінія виробництва харчових продуктів аерокосмічних технологій.

Назва - Пластинчатий теплообмінник з модифікованою плитою.

підприємець.

Об'єкт дослідження - інноваційна продукція (пластинчатий теплообмінник з удосконаленою конструкцією плити).

Техніко-економічні показники:

Таблиця 1. Технічна характеристика апарату

Параметр	Значення
Продуктивність апарата, кг/цикл:	130
Об'єм апарату, м ³ :	1,5
Площа поверхні плити, м ² :	4,5
Робочий тиск, атм:	2
Гарячий теплоносіє	Вода
Температура теплоносія, °С:	45

Основними факторами, які вплинули на вибір даного напрямку виробництва є:

- наявність сировинної бази в країні;
- наявність технологій виробництва та обладнання;
- потреба компаній в харчових продуктах.

Продукт — харчові продукти. За рахунок зміни конструкції пластини для підводу теплоносія процес інтенсифікується і відбувається рівномірніше.

Технологія - конструкція сушарки сублімаційної для виготовлення харчових продуктів.

Даний проект розглядає 5 перших років роботи підприємства. Інвестиції в проект складають 10 000 000 грн.

Плановий обсяг випуску - 750 одиниць продукції (за 5 років, 150 одиниць У рік).

Підприємство буде використовувати загальну систему оподаткування з ставкою 18% від прибутку. Очікувана рентабельність - 30 %.

Період повернення капіталовкладень - 5 років.

Місце розробки в інноваційному ланцюжку цінностей - ідея розвитку.

Достатність сировинної бази: для виготовлення плит обираємо матеріал АЛ13 ГОСТ 2685-75, матеріал інших деталей, що контактують із середовищем в апараті - Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72, матеріал опор і кріпильних елементів - Сталь 3кп ГОСТ 380-2005. Ці матеріали широко використовуються в Україні і не є дефіцитними

Ринок збуту - підприємства харчової, фармацевтичної, мікробіологічної та хімічної промисловостей.

Конкурентні переваги - ключовим фактором інноваційної розробки є продуктивність. Завдяки впровадженню нової конструкції плити продуктивність апарату і, як наслідок, всього процесу збільшується, а ціна залишається сталою.

Вартість розробки - 41 644 грн/од.

Ринкова ціна - 55 000 грн/од.

5.2. Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища підприємства

Промислове підприємство в процесі свого функціонування і розвитку як відкрита система постійно відчуває вплив зовнішнього середовища. Результати і ефективність діяльності підприємства в значній мірі визначаються його зовнішнім середовищем.

До зовнішніх факторів відносяться: географія, демографія, політика, економіка, культура та науково-технічний прогрес (НТП).

Всі ці фактори і їх вплив на підприємство розглянуто в таблиці 3.

Таблиця 3. Зовнішнє середовище

Загрози	Можливості
Географія	

Через розміщення виробництва в м. Києві заробітна плата персоналу вища ніж в інших регіонах.	Виробництво знаходиться в столиці, що дає можливість постачати обладнання в найбільші харчові заводи без довготривалої та вартісної доставки.
При залученні працівників з ближніх міст/сіл/СМТ необхідно забезпечувати трансфер.	Виробництво позитивно впливає на обсяги продажу вітчизняної сировини.
Виробництво витрачає електроенергію що має негативний вплив на екологію.	Поряд з м. Києвом знаходиться багато міст/сіл/СМТ, жителі яких зацікавлені в роботі в столиці.
Виробництво продукує шкідливі викиди (навіть при очистці відходів, що є вартісним), що погано впливає на екологію.	В столиці знаходиться аеропорт для транспортування продукції.
Демографія	
З кожним роком більше людей прагнуть працювати закордоном. Відтік кадрів.	Можливість залучити на виробництво студентів 4 і 5 курсів.
Збільшення пенсійного віку	Зменшення рівня безробіття за рахунок збільшення вакантних робочих місць.
Жителі столиці менш схильні працювати на заводах.	Збільшення рівня освіти шляхом залучення студентів и набуття ними додаткових теоретичних та практичних знань.
Зменшення народжуваності призводить до зменшення кваліфікованих працівників.	

Політика	
Складність отримання необхідних сертифікатів на виготовлення обладнання	Держава зацікавлена в залученні зарубіжного капіталу при продажу обладнання закордон
Проблеми з митом при продажі обладнання закордон	Держава зацікавлена в стимулюванні розвитку ідею, створеної на базі державної установи
	Розвиток регіонів за рахунок введення нового обладнання
Економіка	
Вартість комплектуючих і сировини досить висока через економічну ситуацію в країні.	Встановлення цін у доларах США щоб убезпечити себе від падіння гривні.
Через нестабільну економіку можуть виникнути проблеми з отриманням капіталовкладень від держави.	Придбання заводами вітчизняного обладнання більш вигідно ніж імпортного
Ринок може не “впустити” конкурента	Через заборгованості держава зацікавлена у розробках і продажу на базі державних установ
Культура	
Для людей є більш привабливим працювати в офісі ніж на заводі	Люди зацікавлені в роботі на базі державних підприємств (пенсія)
Для амбіційних випускників ВНЗ робота на заводі може здатись не досить престижною	Через нехватку персоналу процеси можна автоматизувати

НТП	
Деякий персонал потрібно перекваліфікувати	Рівень випускників українських ВНЗ досить високий для того щоб наймати їх без досвіду роботи

Внутрішнє середовище підприємства визначає технічні та організаційні умови роботи підприємства і є результатом управлінських рішень. Метою аналізу внутрішнього середовища підприємства є виявлення слабких і сильних сторін його діяльності, так як, щоб скористатися зовнішніми можливостями, підприємство повинно мати певний внутрішній потенціал. Одночасно треба знати і слабкі місця, які можуть погіршити зовнішню загрозу і небезпеку. До факторів внутрішнього середовища належать постачальники, виробництво, конкуренти, посередники, споживачі (табл. 4).

Таблиця 4. Внутрішнє середовище

Переваги	Недоліки
Постачальник	
<i>Власне виробництво плит</i>	
Великий вибір постачальників сировини.	Дефіцит компаній, які б задовольняли потреби підприємства.
Одноразовий вклад в обладнання і можливість використовувати його в подальшому для інших деталей.	Необхідність покупки нового обладнання для виготовлення плит.
	Підвищення ціни на сировину
<i>Замовлення готових плит</i>	
Великий вибір компаній, які виготовляють дану продукцію.	Дефіцит компаній, які виготовляють дану продукцію.

Можливість покупки деталей які виготовлялися для харчової або хімічної промисловості але задовольняють потреби мого підприємства.	Складність у виготовленні нестандартного виробу, підвищення ціни.
	“Відмови” через нестандартний виріб.
Виробництво	
Одноразове переобладнання комунікацій.	Переобладнання комунікацій для подачі теплоносія.
Збір і використання забрудненої води з інших етапів виробництва (витрата теплоносія $720 \text{ м}^3/\text{місяць} = 11376 \text{ грн/місяць}$)	Залучень більшої кількості працівників, що призводить до більших витрат на ЗП.
Очистка води і передача її на інші етапи виробництва.	Збільшення витрат енергії на підігрів теплоносія ($25,2 \text{ кВт/місяць} = 50,4 \text{ грн/місяць}$ при тарифі $2 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год}$).
Конкуренти	
Перехід від конкурентів за рахунок зацікавленості в інновації і інтенсифікації процесу.	Підприємства більш схильні використовувати перевірені компанії і технології.
Одні на ринку.	Одні на ринку.
Покупка іншими компаніями прав на використання інновації.	При покупці іншими підприємства прав на використання інновації зменшення ринку збуту.
Споживачі	

Завжди є підприємства, які зацікавлені в продукції.	Вузький ринок збуту.
Можливість розширення закордонного ринку.	Не всі споживачі зацікавлені в покупці інновації.
Ринок збуту досить вузький, що не понесе великих втрат на промоцію.	Витрати на промоцію.
Можливість розширити ринок збуту (харова і хімічна промисловість).	
Посередники	
Використання старих посередників.	Відсутність бази посередників.
Ціна на продукцію нижча ніж на аналоги.	Старі посередники можуть відмовитися працювати з новим товаром
	Посередники збільшую ціну продукції.

Отже, провівши аналіз зовнішнього і внутрішнього середовища виявлені слабкі і сильні сторони підприємства. Аналіз показує в якому напрямку треба рухатися для успішного управління підприємством. При правильній організації функціонування підприємства необхідно спиратися на позитивні фактори і намагатися мінімізувати вплив негативних.

5.3. Аналіз потенційного ринку

Проведені маркетингові дослідження по пропонованій продукції свідчать про існування значного обсягу попиту на сублімаційні сушарки. Потенційними споживачами є харчові, фармацевтичні та мікробіологічні підприємства, а також підприємства хімічної промисловості.

Попит на дану продукцію зростає, так як невдовзі планується збільшення виділення коштів на аерокосмічні дослідження NASA. Вже зовсім скоро, якщо це не сьогодні, - людство пересягне межу Землі і підкорить інші планети для колонізації і пошуку життя на інших планетах.

Основними конкурентами є вітчизняні підприємства з сучасним обладнанням сублімаційними сушарками. Зважаючи на те, що продукція мого підприємства має нижчу ціну і використовує інноваційну технологію, вона може чинити конкуренцію очевидним лідерам на ринку.

Перспективи розвитку харчової промисловості дозволяють прогнозувати збільшення обсягів продажів і відповідну завантаженість потужностей підприємства.

Для аналізу конкурентного середовища за методом квадрату Бове обрано наступні підприємства-конкуренти :

1. PHARMMASH (м. Київ)
2. STANCO GROUP (м. Київ)
3. Кьютек Інжиніринг (м. Київ)
4. FOOO-PROCESSING INSTALATION (м. Київ)
5. Промфарм (м. Черкаси)
6. Фармацевтичні технології (м. Полтава)
7. ГРАНУМ (м. Харків)
8. ФАРММАШ (м. Харків)
9. ПрАт Медтехніка (м. Вінниця)
10. *INNOVATIVE ENGINEERING (м. Київ)*

Таблиця 5. Квадрат Бове

FARMMASH	STANCO GROUP Промфарм
Фармацевтичні технології	ПрАт Медтехніка

ГРАНУМ <i>INNOVATIVE ENGINEERING</i>	Кьютек Інжиніринг FOOD-PROCESSING INSTALATION ФАРММАШ
---	--

За методом квадрату Бове запропоновану інженерну розробку можна віднести до зони “Готові обійти”, тому що завдяки інноваційній ідеї розробка може конкурувати з лідерами на ринку.

Будучи простим, але ефективним інструментом, вона дозволяє виявити найбільш перспективні і, навпаки, «найслабші» продукти або підрозділи підприємства. Побудувавши матрицю БКГ, можна отримати наочну картину, на основі якої можна прийняти рішення про те, які товари (підрозділи, асортиментні групи) варто розвивати і берегти, а які слід ліквідувати. Мета цієї матриці - аналіз актуальності продуктів компанії в залежності від зростання ринку даної продукції і займаної ним частки.

Таблиця 6. Метод БКГ

№	Підприємство	Обсяг реалізації, грн	Обсяг прибутку, грн
1	FARMMASH	10 000 000	3 100 000
2	STANCO GROUP	8 700 000	1 926 000
3	Кьютек Інжиніринг	3 500 000	525 000
4	FOOD-PROCESSING INSTALATION	5 200 000	1 046 000
5	Промфарм	2 440 000	400 000
6	Фармацевтичні технології	2 850 000	572 000
7	ГРАНУМ	9 400 000	1 870 000
8	ФАРММАШ	3 050 000	930 000

9	ПрАт Медтехніка	2 700 000	729 000
10	<i>INNOVATIVE ENGINEERING</i>	8 250 000	1 985 350
Разом		56 090 000	130 833 350

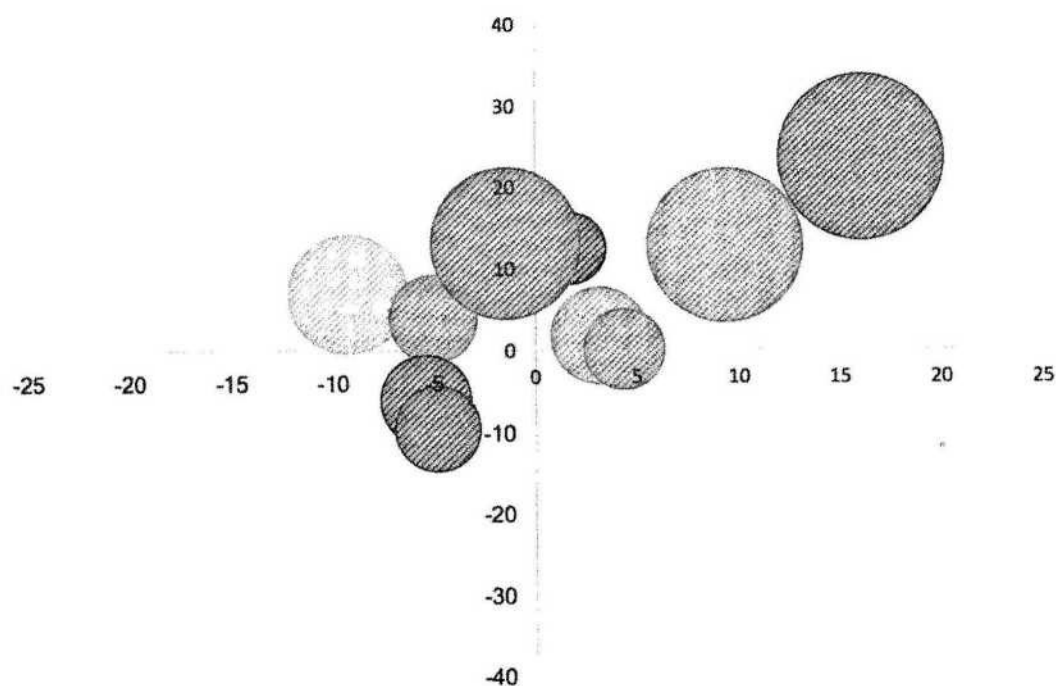


Рис.3. Матриця БКГ

Отже, за результатом аналізу за методом Бостонської матриці видно, що запропоноване підприємство *INNOVATIVE ENGINEERING* знаходить на перетині зон “Важкі діти” та “Зірки”. Отже, підприємство знаходиться на зростаючому ринку, але вимагає інвестиційних вкладень для збільшення конкурентоспроможності, перспективним товаром.

5.4. Ключові фактори успіху проекту

Ключові фактори успіху (або конкурентні переваги) - це характерний для певної галузі перелік чинників, що приносять їй переваги перед іншими галузями (наприклад, в боротьбі за інвестиції за рахунок більшої прибутковості або

(Ц)											
К-ть	0										
постач.	,1										
сировини,											
од (С)											
Обсяг	0										
збуту, тис	,2										
(ОЗ)											

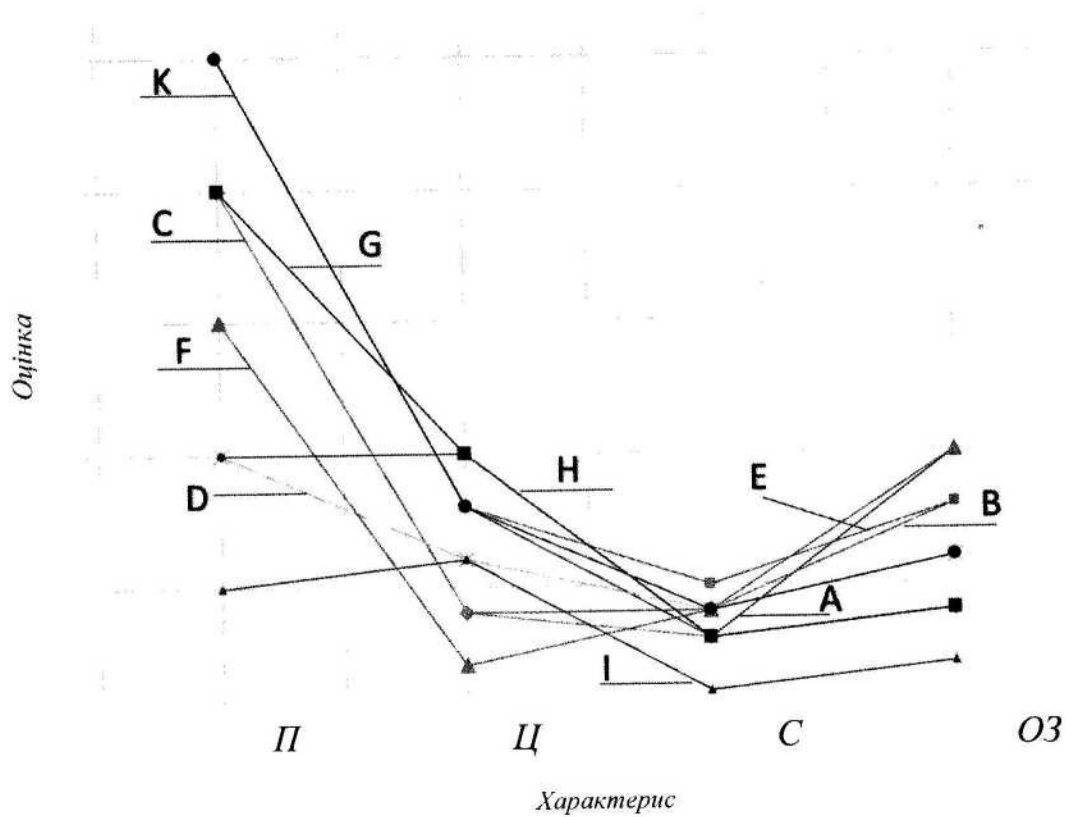


Рис. 4. Метод Шонфільда

Отже, провівши оцінку і порівняння конкурентів можна зробити висновок, що ключовим фактором інноваційної розробки є продуктивність. Завдяки впровадженню нової конструкції плити продуктивність апарату і, як наслідок, всього процесу збільшується, а ціна залишається сталою.

Анкета для споживачів

Анкета - інструмент для збору даних з метою підтвердження певної інформації. Анкетування використовується для забезпечення багатофакторності, швидкості отримання результатів і ефективного використання коштів.

Мета проведення анкетування:

1. Виявити споживчі переваги і фактори прийняття рішень.
2. Визначити відношення споживачів до інноваційного продукту.
3. Використовуючи зібрані данні створити план заходів для задоволення потреб споживачів.

АНКЕТА

1. Чи готові Ви придбати інноваційне обладнання з відмінними показниками якості?

- ☐ Так
- ☐ Ні

2. Чи готові Ви придбати обладнання у підприємства, яке щойно вийшло на ринок або віддає перевагу лідерам галузі?

- ☐ Готовий (-а)
- ☐ Не готовий (-а)

3. Відмітьте, будь ласка, які фактори мають ключове значення для Вашого підприємства.

- ☐ Продуктивність
- ☐ Ціна
- ☐ Інноваційність продукту
- ☐ Перевіреність виробника

Ваше підприємство

4. Яке значення для Вас має можливість повторного використання відпрацьованої води в інноваційному обладнанні?

- ☐ *Важливо*
- ☐ *Не важливо*

5. Наскільки важливо для Вас бути лідером у своїй галузі, використовуючи інноваційне обладнання?

- ☐ *Важливо*
- ☐ *Не важливо*

5.5. Оцінка ринкових позицій інноваційної розробки

Однією з головних завдань будь-якого суб'єкта ринкових відносин є визначення ринкової позиції, для аналізу якої доцільно використовувати кількісну і якісну оцінки, що характеризують величину ринкової позиції і основні чинники, під впливом яких ця позиція формується.

1. Яка адміністративно-територіальна одиниця країни на Вашу думку є найкращим місцем для успішного бізнесу?

- ☐ Столиця
- ☐ Місто
- ☐ Село
- ☐ Селище
- ☐ Немає думки

2. Як Ви оцінюєте роботу місцевої влади у сприянні виходу підприємства на ринок?

- ☐ Відмінно
- ☐ Добре
- ☐ Задовільно
- ☐ Погано
- ☐ Немає думки

☐ **Наскільки є ефективною робота влади щодо розвитку інноваційного потенціалу міста, зокрема оцініть якість перелічених послуг.**

Послуга	Від	Добре	Задо	Пог
Співробітництво з іншими регіонами/країнами				
Розвиток інфраструктури (транспортна, складська, дистриб'юторська)				
Забезпечення прозорості податкових процедур				

Доступ до необхідної інформації				
Надання адміністративних послуг пов'язаних з виходом на ринки				
Покращення доступу до капіталу для підприємств				

4. Яка, на Вашу думку, роль влади в розвитку інноваційного потенціалу місцевого бізнесу?

Послуги, які необхідно впроваджувати	По вністю	Ско ріше	Скорі ше не	Не погоджуюсь
Прозорі механізми у інноваційній сфері				
Прозорі механізми у податковій сфері				
Якісні адміністративні послуги				
Фінансові стимули для виходу на ринок				
Розвиток робочої сили				
Маркетингова підтримка				
Консультативний супровід				

5. Які з факторів мають найбільш негативний вплив на розвиток експортного потенціалу Вашого бізнесу?

Внутрішня конкуренція	
Загальна економічна ситуація	
Застарілі засоби виробництва	
Витрати на енергію	
Низький рівень співпраці влади та бізнесу	
Складність сертифікації продукції	
Нестача кваліфікованих працівників	
Недостатність фінансування	
Адміністративний тиск з боку влади	

5.6. Договір на виконання НДР

ДОГОВІР № _____
на виконання науково-дослідних робіт

м. Київ

_____ 20__ р.

ТОВ «INNOVATIVE ENGINEERING», в особі директора Босенка Василя Володимировича, діючого на підставі Статуту, далі – **Виконавець** і **Замовник**:

_____, в особі _____ діючого на підставі _____

_____, уклали договір про наступне.

1. Предмет договору

1.1. Замовник доручає, а Виконавець бере на себе зобов'язання провести за завданням _____ Замовника _____ наукові _____ дослідження:

найменування наукової теми

а Замовник зобов'язується прийняти виконану роботу та оплатити її.

1.2. Наукові, технічні, економічні та інші вимоги до наукової продукції, що є предметом договору, визначаються Технічним завданням, яке є невід'ємною частиною цього договору

1.3. Термін здачі робіт за договором «_____» _____ 20__ р.

1.4. Зміст, терміни виконання основних етапів визначаються Календарним планом, що є невід'ємною частиною цього договору.

1.5. Прийняття та оцінка наукової продукції здійснюються відповідно Технічному завданню .

1.6. Виконані за договором наукові дослідження є власністю Замовника з урахуванням того, що права винахідника охороняються патентним законодавством, а права автора - авторським правом. При використанні інших додаткових джерел фінансування право сторін на створену продукцію погоджується сторонами в додатковій угоді.

1.7. Виконавець може використовувати результати теми для власних потреб з науковою метою, а для отримання прибутку лише за умов, визначених додатковою угодою.

2. Вартість робіт та порядок розрахунків

2.1. Вартість наукової роботи визначається календарним планом та складає

сума в гривнях прописом

відповідно до Протоколу узгодження вартості науково-технічної роботи.

Без ПДВ (згідно із ст. 197.1.22. Податкового Кодексу України).

Планова калькуляція кошторисної вартості робіт та розрахунки витрат за статтями наведені у Додатку.

2.2. Оплата за кожний етап проводиться у такі терміни:

а) у строк до 10 календарних днів Замовник оплачує Виконавцю 50% від загальної суми етапу.

б) 50% від загальної суми цього етапу перераховується Виконавцю Замовником у строк до 3 банківських днів після підписання акту прийому-передачі.

2.3. Остаточний розрахунок за кожним етапом здійснюється після здачі роботи за актом прийому-передачі в термін 3 банківських днів зі дня його підписання.

3. Порядок та строки здавання і приймання робіт

3.1. Перелік наукової, технічної та іншої документації, що підлягає оформленню та здаванню Виконавцем Замовнику на окремих етапах виконання

і по закінченню договору, визначається технічним завданням, що є частиною договору (додаток).

3.2. Виконання проміжних етапів оформлюється Виконавцем актами здачі- приймання, які направляються Замовнику відповідно до календарного плану.

3.3. При завершенні робіт Виконавець подає Замовнику акт здачі-приймання наукової продукції з додаванням до нього комплексу наукової, технічної та іншої документації, передбаченої технічним завданням та умовами договору.

3.4. Замовник протягом 5 робочих днів з дня отримання акту здачі-приймання робіт та звітних документів, зазначених у п. 3.3 цього договору, зобов'язаний надіслати Виконавцю підписаний акт здачі-приймання наукової продукції або мотивовану відмову від приймання робіт.

3.6. У разі дострокового виконання робіт Замовник має право достроково прийняти та оплатити їх за ціною, що вказана в договорі.

3.7. Якщо в процесі виконання роботи з'ясується недоцільність подальшого її проведення, Виконавець повинен призупинити роботу та повідомити про це Замовника протягом 5 робочих днів після її призупинення. Після повідомлення сторони повинні протягом 10 днів розглянути питання про доцільність продовження роботи. Відповідне рішення оформлюється Протоколом сторін.

4. Відповідальність сторін

4.1. За невиконання або неналежне виконання зобов'язань за цим договором Виконавець та Замовник несуть відповідальність згідно з чинним законодавством.

4.2. В разі виникнення форс-мажорних обставин Замовник зобов'язаний надіслати письмове повідомлення виконавцю не пізніше 15 днів з моменту їх виникнення.

4.3. Науково-дослідна робота виконується за відкритим планом, без

4.4. Якщо відповідний спір не можливо вирішити шляхом переговорів, він вирішується у Господарському суді Одеської області.

5. Інші умови

5.1. За згодою сторін зміст пунктів технічного завдання, термін дії Договору або етапів Календарного плану, а також вартість робіт за договором (в тому числі при несвоєчасному отриманні Виконавцем фінансування на виконання цієї роботи) можуть бути змінені в процесі виконання роботи, що оформлюється додатковою угодою, яка є невід'ємною частиною Договору. Внесення змін до калькуляції кошторисної вартості проводиться за 30 днів до початку наступного етапу на підставі додаткової угоди до цього Договору.

5.2. Інші умови за розсудом сторін

6. Термін дії договору та юридичні адреси сторін

6.1. Договір набирає чинності з моменту підписання і діє до «__» _____ 20__р.

6.2. Юридичні адреси і банківські реквізити.

5.7. Джерела фінансування НДР

Інвестиції в НДР забезпечують і супроводжують проект. Це насамперед матеріальні засоби (устаткування, стенди, комп'ютери і різноманітні прилади), необхідні для проведення досліджень, а також оборотні кошти, наприклад, для забезпечення поточної діяльності НДР чи вищого навчального закладу на замовлення підприємства.

Плануючи інноваційну діяльність, слід визначити загальний обсяг інвестицій для реалізації інноваційного проекту чи програми. Його величина обумовлює комерційну вигідність інновації і має бути врахована при обґрунтуванні рішення щодо її реалізації.

Джерелами фінансових ресурсів підприємства можуть бути:

- власні фінансові кошти і внутрішньогосподарські резерви;
- позикові фінансові кошти;

. залучені фінансові кошти, одержані від продажу акцій, пайових та інших внесків членів трудових колективів, громадян, юридичних осіб;

- кошти, що перебувають у централізованому володінні об'єднань підприємств;

- кошти позабюджетних фондів;
- кошти Державного бюджету;
- кошти іноземних інвесторів.

Далі запропоновано джерело фінансування для підприємства ТОВ «INNOVATIVE ENGINEERING»

Таблиця 8. Запропоноване джерело фінансування

Кредит	Дебіт
504	152
373	201
230	701
643	201
230	701

5.8. Розрахунок техніко-економічних показників

Сировина і матеріали	3 120 000 грн
Вартість приміщення	2 000 000 грн
Вартість обладнання	5 000 000 грн
Нематеріальні активи	600 000 грн

Інше	15 000 грн
Амортизація	228 750 грн
Заробітна плата персоналу (+ нарахування 22%)	420 900 грн
Разом собівартість	6 264 650 грн

Річна собівартість продукції:

$$C = O\delta_3 + A = 6\,264\,650 \text{ грн/рік.}$$

Собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{од}} = \frac{C}{B} = \frac{6\,246\,650}{150} = 41\,644 \text{ грн/од.}$$

Запланована ринкова ціна (за конкурентним методом) одиниці продукту:

$$Ц = 55\,000 \text{ грн/од.}$$

Прибуток:

$$\Pi = Ц - C = (55\,000 \cdot 150) - 6\,264\,650 = 1\,985\,350 \text{ грн/рік.}$$

Капіталовкладення:

$$K = 10\,000\,000 \text{ грн.}$$

Рентабельність продукту:

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100\% = 31,6\%.$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{10\,000\,000}{1\,985\,350} = 5 \text{ років.}$$

5.9. Розрахунок ціни інноваційної пропозиції

Для того, щоб розрахувати собівартість продукції необхідно визначити всі витрати, які мають місце в процесі виробництва. Підприємство буде витрачати кошти на придбання матеріалів і сировини, виплату заробітної плати основним виробничим робітникам, оплату витраченої електроенергії, а також нести додаткові витрати, пов'язані з організацією та здійсненням діяльності підприємства. Собівартість складає 6 264 650 грн/рік.

Далі визначимо ціну інноваційного продукту. Розрахунок ціни буде виконуватись за наступними методами:

- витратний;
- агрегатний;
- параметричний;
- конкурентним;
- методом точки беззбитковості.

а) Витратний метод

В основі цього методу лежить ідея розрахунку собівартості товару як головної складової ціни. В товарно-грошових умовах собівартість продукції містить у собі всі існуючі витрати, які необхідні на виробництво і збут товару, які зроблені за рахунок підприємства. Однак існують такі витрати, які пов'язані з виробництвом товару, але не відносяться до собівартості, тому що фінансуються за рахунок прибутку, спеціальних фондів, бюджетних асигнувань і т. ін.

$$Ц = C + \%П$$

$$Ц = 41\,644 + 20\% = 49\,973 \text{ грн.}$$

б) Агрегатний метод

Суть агрегатного методу полягає в підсумовуванні цін окремих конструктивних частин виробу (деталей, вузлів, комплектуючих), що входять до параметричного ряду, а також додаванні нормативному прибутку. Цей метод застосовують, якщо ціни різних конструктивних елементів виробу відомі, відтак сукупна ціна продукції обчислюється як їхня сума.

$$Ц = Ц_1 + Ц_2 + \dots + Ц_n$$

Розглянемо ціну на основні елементи сублимаційної сушарки

Елемент	Ціна, грн	Кількість	Всього, грн
Обичайка	3 200	1	3 200

Штуцер 60	240	2	480
Штуцер 100	290	2	580
Штуцер 200	470	2	940
Плита	3 000	5	15 000
Кришка	12 000	1	12 000
Днище	17 000	1	17 000
Опора	8 000	1	8 000
Кріплення	1 250	1	1 250

$$\begin{aligned} \text{Ц} &= 3\,200 + 480 + 580 + 940 + 15\,000 + \\ &+ 12\,000 + 17\,000 + 8\,000 + 1\,250 = 58\,450 \text{ грн.} \end{aligned}$$

в) Параметричний метод

Цей метод належить до конкурентної моделі ціноутворення. Якщо [ідприємство розробило новий товар із певними технічними та економічними [араметрами, кращими чи гіршими за аналогічні параметри товару свого існуючого ринкового конкурента, то воно може встановлювати ціну з рахуванням інтегрального показника конкурентоспроможності.

Питома ціна одиниці виробу $\text{Ц}_{\text{пит}}$:

$$\text{Ц}_{\text{пит}} = \frac{\text{Ц}_6}{\text{Х}_6} = \frac{55\,000}{130} = 432 \text{ грн.}$$

Питома собівартість одиниці виробу $\text{С}_{\text{пит}}$:

$$\text{С}_{\text{пит}} = \frac{\text{С}_6}{\text{Х}_6} = \frac{41\,644}{130} = 320 \text{ грн,}$$

де Ц_6 —ціна базового виробу,

С_6 - собівартість базового виробу,

Х_6 —значення основного параметра базового виробу у відповідних одиницях

(продуктивність - 130 кг/цикл).

Визначення ціни нового виробу:

$$Ц_n = Ц_{\text{пит}} \cdot X_n + H = 432 \cdot 130 + 100 = 56\,260 \text{ грн, де } X_n$$

—кількісне значення головного параметра нового виробу,

H -надбавки/знижки, які відображують зміни інших споживчих характеристик нового виробу 100 грн.

г) Метод точки безбитковості

Метод заснований на розрахунках сукупних витрат підприємства і її сукупного доходу, одержаного в результаті реалізації різних обсягів виробленої продукції. Метод потребує розгляду різних варіантів ціни, і визначення їх впливу на обсяги збуту, необхідного для подолання рівня безбитковості.

$$Ц = \frac{A + 063 \cdot B}{B} = \frac{228\,750 + 6\,035\,900 \cdot 150}{150 \cdot 150} = 42\,250 \text{ грн.}$$

д) Метод конкурентних цін

Метод використовують підприємства, які виходять виключно з умов конкуренції і встановлюють ціну ледве вище або нижче, ніж конкуренти. Застосовується цей метод на ринку, де продаються однорідні товари в умовах чистої конкуренції. Ціни на ньому формуються в результаті спільних дій добре інформованих продавців і покупців, в цих умовах продати товар за вищою ціною не є можливим, в той же час не потрібно встановлювати і нижчу ціну, оскільки товари можуть бути реалізовані і по цій, прийнятною ринком, ціні.

Оцінивши ринкові ціни на аналогічну продукцію мною було вирішено встановити ціну в розмірі 55 000 грн

Отже, визначивши ціни основними методами можна зробити висновки:

- Витратний метод досить зручний, але при його застосуванні ціна може значно відрізнятися від ринкових, а також можливі коливання оптимального збільшення прибутку в залежності від різних факторів (наприклад пори року тощо);

- Агрегатний метод є простим і забезпечує повний облік витрат виробництва, але для запропонованого підприємства він не є оптимальним. Це

пояснюється тим, що при помилковому визначенні цін окремих конструктивних елементів ймовірність помилки у визначенні ціни всього виробу значно зростає;

- Параметричний метод містить велику долю суб'єктивізму. Також цей метод не враховує інші споживчі властивості і попит на ринку.

- Метод точки беззбитковості дає можливість дуже точно визначити ціну на продукцію, але виникає необхідність значного спрощення зв'язків ціни та обсягу виробництва;

- Метод конкурентних цін дає змогу визначити оптимальну ціну для ринку, але підприємство орієнтується не на витрати й попит, а на поточні ціни конкурентів, встановлюючи власні ціни трохи вище або нижче.

Для запропонованого підприємства мною був обраний метод конкурентних цін. При такому методі ціноутворення ціна є трохи вище середнього (порівнюючи всі розглянуті методи), але забезпечує гарні показники для підприємства:

- прибуток у розмірі 1 985 350 грн/рік;
- термін повернення капіталовкладень.

5.10. Оцінка ризиків та страхування розробки

Інновації та інноваційна діяльність пов'язані зі значним ризиком, оскільки зміст інновацій складають зміни, які розглядаються як джерело доходу, а процеси і результати змін містять істотну частку елементів невизначеності і спричиненого нею ризику. При цьому раціональна поведінка полягає в тому, щоб не ігнорувати ризик, а належним чином враховувати для обґрунтування заходів, спрямованих на його попередження, зниження чи компенсацію.

Ризик інноваційного проекту - це міра непевності в одержанні очікуваного рівня прибутковості при реалізації інноваційного проекту в реальних умовах господарювання.

Оскільки альтернативи інноваційному шляху розвитку немає, то виникає об'єктивна необхідність розробити способи запобігання, зниження чи компенсації можливих негативних наслідків ризику. Попереднім етапом такої

роботи є оцінка ризикованості проекту та величини ймовірних витрат при настанні ризикової події.

Ризики при реалізації інноваційного проекту можуть виникнути або на стадії продукування та вибору ідеї інноваційного проекту, або вже на стадії безпосередньої розробки та впровадження інноваційного проекту в реальних умовах господарювання. В будь-якому випадку, чим пізніше виявився (ідентифікувався) той чи інший ризик, тим більша імовірність виникнення збитків або тим більшою виявляється недосяжність поставлених цілей.

Основними етапами оцінки ризиків інноваційних проектів підприємства є наступні:

1. Визначення окремих (елементарних) ризиків реалізації даного інноваційного проекту. При цьому необхідно ідентифікувати ризики, які можуть виникнути в будь-який момент здійснення проекту та, за можливості, систематизувати їх.

2. Оцінка інформації для визначення рівня окремих проектних ризиків. Інформація щодо зовнішнього середовища функціонування підприємства присутня завжди, проте особі, що приймає рішення щодо доцільності та економічної ефективності певного інноваційного проекту, слід звертати увагу на її достовірність та можливість застосування при аналізі. Ретроспективні дані використовуються за наявності аналогій в інноваційній діяльності минулих років (при цьому умови реалізації та галузь застосування повинні бути подібними). Якщо ж інновація є новітньою для підприємства і його оцінка за рівнем ризиків здійснюється в умовах відсутності будь-яких статистичних даних, то виникає необхідність у застосуванні методів, що використовують інструменти оцінки суб'єктивної вірогідності.

3. Вибір та використання відповідних методів оцінки вірогідності окремих проектних ризиків. Аналіз елементарного ризику інноваційного проекту базується на оцінці ризиків, що притаманні його грошовим потокам. Тобто ймовірності відхилення отриманого грошового надходження від

запланованого його значення в проспекті проекту. Враховується також рівень кореляції та характер розподілу даних ймовірностей.

Для кількісного оцінювання ризику існують різні методи, серед яких найбільш поширені статистичний (у тому числі метод статистичних випробувань чи метод Монте-Карло); аналітичний; метод використання дерева рішень та імовірнісного підходу; метод оцінювання фінансової стійкості або оцінювання доцільності витрат; метод експертних оцінок; нормативний метод; метод аналізу чутливості; метод використання аналогів та ін. Кожний з названих методів має свої переваги і недоліки і використовується в цілком конкретних ситуаціях; універсального методу, прийнятного для всіх випадків, не існує.

4. Визначення розміру можливих фінансових наслідків при настанні ризикової події у зв'язку з реалізацією інновації. Розмір можливих фінансових втрат обумовлюється видом інновації, обсягом залученого інвестиційного капіталу, рівнем ризику, передбаченого даним проектом, а також діапазоном відхилень фактично отриманого доходу від очікуваного значення.

На основі отриманих характеристик здійснюється позиціонування проектів відносно можливих фінансових втрат при настанні ризикової події по зонах ризиків: без ризикова зона; зона припустимого ризику; зона критичного ризику; зона катастрофічного ризику.

5. Оцінка загального проектного ризику. Загальний рівень ризику, притаманного конкретному інноваційному проекту, теоретично оцінюється як функція значень рівнів ідентифікованих елементарних ризиків по проекту. При цьому слід також враховувати взаємний вплив реалізації інноваційного проекту на зміну дохідності активів підприємства та середньогалузеві доходи від інноваційної діяльності.

6. Співставлення рівня проектного ризику з фінансовими можливостями підприємства. У розпорядження підприємства повинні бути достатні кошти не лише для реалізації даного інноваційного проекту, але й для страхування від ймовірного настання тих чи інших ризикових подій, які

ставитимуть під сумнів можливість отримання прибутку від інновацій. Але витрати на страхування як один із методів фінансування ризику зменшують активи підприємства, які воно могло спрямувати на інновації чи інвестиції та отримати прибуток. Тому слід виважено підходити до величини ціни страхування, тобто до розміру страхової премії.

7. Співставлення рівня проектного ризику з рівнем дохідності проекту. Основою діяльності будь-якого підприємця є прагнення отримати прибуток, саме тому величина ймовірних втрат повинна бути співрозмірною із величиною отриманого прибутку чи інших конкурентних переваг від впровадження інноваційного проекту.

8. Ранжирування альтернативних інноваційних проектів за рівнем ризику. Узагальнююча порівняльна оцінка здійснюється за допомогою двох методів:

- на основі варіації усіх кінцевих показників ефективності проектів від їх середніх значень;
- на основі відхилень пріоритетних для підприємства показників ефективності проекту.

Ризик інноваційного проекту не приймає статичного, абсолютного значення раз і назавжди. Його природа така, що він змінює свої характеристики залежно від стадії інноваційного проекту. Тому керівництву підприємства слід здійснювати постійний моніторинг процесів впровадження та управління інноваційним проектом для своєчасного виявлення слабких сигналів та для підготовки механізму ефективного управління ризиками.

Страхування інновацій слід розділяти за такими напрямками, як забезпечення страхового захисту суб'єктів інноваційної сфери і постадійне страхування інноваційних процесів. У зв'язку з цим і відповідальність страховика в страховому покритті різна.

У процесі здійснення інноваційної діяльності виділяють:

- страхування відповідальності роботодавців за шкоду, заподіяну здоров'ю працівників при виконанні ними своїх службових обов'язків;
- страхування відповідальності виробників товарів за шкоду, заподіяну в результаті споживання їх продукції;
- страхування відповідальності підприємств, пов'язане із забрудненням навколишнього природного середовища;
- страхування відповідальності перед третіми особами при здійсненні будівельно-монтажних робіт;
- страхування відповідальності за невиконання зобов'язань.

В інноваційній сфері частіше має місце страхування підприємцем працюючих за наймом осіб: інженер, маркетолог, фінансист, менеджер. Мета даного виду страхування - покриття відповідальності за нанесення майнової шкоди в результаті помилкових дій представників перерахованих вище професій.

Найбільш характерними видами для інноваційного процесу є операції, де об'єктом виступає інтелектуальна власність, фонди підприємств, які здійснюють НДДКР, а також процеси розробки та освоєння нововведень, що містять технічні та кредитні ризики.

Інноваційні підприємства гостро потребують державних і приватних фондів страхування від можливих невдач, оскільки інноваційна діяльність має високий ступінь комерційного ризику.

Визначальним моментом страхового захисту учасників інноваційної діяльності є титульне страхування, покликане забезпечити інтереси власників інтелектуального продукту і матеріально-речових засобів виробництва, залучених в господарський оборот.

Титульне страхування - особливий вид страхування майнових інтересів власників, орендарів, кредиторів та інших зацікавлених осіб, пов'язаних з переходом прав власності. Ці особи ризикують опинитися в ситуації, коли права власності можуть бути порушені в результаті розпорядження об'єктом власності без узгодження з його власником (наприклад, піратське тиражування) або оскаржені через порушення, вчинені у попередніх актах переходу прав власності.

Особливу роль в активізації інноваційної та інвестиційної діяльності в сфері малого підприємництва має відіграти страхування інновацій та інвестицій від некомерційних ризиків - перенесення політико-економічного ризику із страхувальника за певну плату (страховий внесок або страхову премію) на страховика - спеціалізовану організацію, що займається управлінням страховим фондом, сформованим із страхових внесків (премій) страхувальників. Розподіл ризиків за групами, територіями і часу дозволяє страховику при правильному веденні справ забезпечувати ефективний захист інтересів страхувальника за багатьма ризикам, що поєднує політичну компоненту з економічної. Найбільш реальним і перспективним в даний час є страхування життя і здоров'я фізичних осіб, страхування приміщень, обладнання та іншого майна, що використовується для здійснення венчурного проекту. Таке страхування - ефективний засіб забезпечення безперервності венчурного проекту та зниження ступеня ризику венчурного інвестора втратити свої доходи, оскільки передбачає компенсацію непрямих витрат і втрат прибутку в результаті настання страхових подій, передбачених договором.

Підвищений рівень ризику діяльності малих інноваційних підприємств висуває особливі вимоги до роботи з підготовки договору про страхування. Одночасно можуть створюватися системи страхування, перестрахування, а також гарантування повернення кредитів (послуги але гарантування, як правило, дешевші, ніж послуги зі страхування). Методи страхування ризиків інноваційних проектів можуть бути згруповані за такими укрупненими напрямками:

- 1) купівля загального (генерального) страхового поліса від усіх ризиків на суму ймовірних втрат від конкретних інноваційних ризиків;
- 2) придбання спеціалізованих страховок за типовими інноваційним ризиків, які виділяються в якості об'єктів страхування страховими компаніями з широким спектром застрахованих ризиків або компаніями, що спеціалізуються на операціях з інноваційними ризиками;
- 3) оформлення особливих страховок по індивідуально сформульованим (нетиповим) ризикам і договірними умовами страхування.

5.11. Висновок

Представлена бізнес-ідея виготовлення сушарок сублімаційних з удосконаленою конструкцією плити для підводу теплоносія. Проектом передбачено організація підприємства ТОВ “*INNOVATIVE ENGINEERING*” з виготовлення фармацевтичного обладнання, який буде працювати на території м. Києва.

Проведений аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища підприємства показав, в якому напрямку необхідно здійснювати рух підприємству для досягнення успішності.

Дослідження за допомогою методу Бове показали, що запропонована розробка відноситься до зони “Готові обійти”, тому що завдяки інноваційній ідеї розробка може конкурувати з лідерами на ринку.

Ринок збуту включає чотири великі промисловості - харчова, фармацевтична, мікробіологічна та хімічна.

За результатами аналізу методом БКГ виявлено, що запропоноване підприємство ТОВ “*INNOVATIVE ENGINEERING*” знаходить на перетині зон “Важкі діти” та “Зірки”. Отже, підприємство знаходиться на зростаючому ринку, але вимагає інвестиційних вкладень для збільшення конкурентоспроможності, перспективним товаром.

Ключовим фактором є продуктивність.

Ціну інноваційної розробки було обрано 55 000 грн/од (конкурентним методом). Прибуток становить 1 985 350 грн/рік, рентабельність - 31,6%.

ВИСНОВКИ

Під час виконання даного дипломного проекту було узагальнено та систематизовано отримані знання, а також вдосконалено вміння застосовувати отримані теоретичні навички розрахунку та конструювання апаратурно-технологічних схем і апаратів для розрахунку та конструювання установок виробництва.

У даній роботі досліджено процес інтенсифікації теплообміну у теплообмінному обладнанні. Було розроблено удосконалену конструкцію теплообмінника пластинчастого.

Апарат, який розглянуто в проекті, був розрахований згідно діючих норм і стандартів.

Виконано такі задачі:

Проведено аналіз теплообмінних апаратів, які використовуються на промислових підприємствах. Найбільш поширеними теплообмінними апаратами виступають пластинчасті. Вони здатні працювати під великими тисками і температурами.

Відповідно до результатів інтенсифікація процесу теплообміну для модифікованої штамповки більша на 20% ніж для стандартного штампування. Це пояснюється тим, що в стандартній штамповці утворюється застійні зони, зі зривом потоку, а в модифікованій штамповці ця проблема усунена, через перепад висоти штамповки.

У пакеті Solidworks була спроектована конструкція теплообмінника пластинчастого із використанням реальних фізичних властивостей матеріалів було проведено дослідження конструктивних елементів (штанга верхня, опора та шпильку). Максимальне напруження штанги верхньої досягається в місці розміщення ролика і становить $3,48 \cdot 10^5$ Па. Максимальне зміщення опори досягається в місці кріплення штанги верхньої і становить $1,52 \cdot 10^{-4}$ Па. Максимальне зміщення шпильки досягається в місці, де пакет пластин прижимає плита прижимна і становить $3,17 \cdot 10^{-6}$ Па.

Аналіз розрахунків доводить, що при заданих навантаженнях втрат міцності немає і деформації конструктивних елементів мінімальні. Розрахунки довели надійність і працездатність проектного апарату та підтвердили доцільність обраної конструкції теплообмінника пластинчастого для забезпечення ефективного протікання процесу теплопередачі.

Враховуючи результати проведеного технологічного аудиту ідеї проекту, аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проекту, розробленої базової стратегії та маркетингової програми, подальша імплементація запропонованого проекту є доцільною. Ціну інноваційної розробки було обрано 55 000 грн/од (конкурентним методом). Прибуток становить 1 985 350 грн/рік, рентабельність - 31,6%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кунце. Технология солода и пива / Санкт-Петербург - Л.: Госэнергоиздат, 2001 - 889 с..
2. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования деталей и узлов пищевого оборудования // Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е., перераб. и доп. / МГУ - М.: Машиностроение, 1970 - 425 с..
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Изд. 5-е / М.: «Химия», 1968 - 852с. Библиогр.: с. 840 - 852.
4. ТОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. - М.: Изд-во стандартов, 1989. - 62 с..
5. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / МГУ -М.: «Химия», 1973 -752 с. Библиогр.: с. 750-752.
6. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Изд. 2-е / ЛОТИ - Л.: «Машиностроение», 1970 - 653 с. Библиогр.: с. 652 - 653.
7. Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. М.:ДеЛИИ принт, 2007- 276 с..
8. Михалев М.Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств / ЛОТИ - Л.: «Машиностроение», 1984 - 300 с.
9. Справочник химика. Т. V. М.—Л., «Химия», 1966, 974 с.
10. Правила оформлення апаратурно-технологічних схем. Методичні вказівки до виконання графічної частини дипломної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр. 0902 «Інженерна механіка» спец. 7.090226 «Обладнання фармацевтичної і мікробіологічної промисловості» всіх форм навч. - К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2006. ТОСТ 12.1.005-88 "Система стандартів безпеки праці. Общесанітарно-гігієнічні вимоги до повітряного середовища праці".

- 11 .Ружинська Л.І. Проектування реакторів біотехнологічних та фармацевтичних виробництв. Навч. посібник/ Укладачі: Л.І. Ружинська, І.А. Буртна, В.М. Поводзинський, В.Ю. Шибєцький - К.: НТУУ «КПІ», 2014-130 с.
12. Соколов В.Н. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» / И.В. Доманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский, А.С. Решанов, В.Н. Соколов. / Под общ. ред. В.Н. Соколова. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Политехника, 1992. - 327 с.
13. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. -753 с.
- М.Пластинчатые теплообменные аппараты [Текст] /Справочник-каталог для систем теплоснабжения; науч. ред. Н.М.Зингера.-Харьков., 1995.-60с.
15. Бухмиров В.В. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата [Текст] / В.В. Бухмиров , Д.В. Ракутина, Ю.С. Солнышкова. - Л.: Машиностроение , 2013. - 124 с.
16. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. [Текст]. Чинний від 01.01.1976. -К. : Міждержавні стандарти, 2004.— 4 с.
- 17.Зльтерман В. М. Вентиляция химических производств [Текст] / В.М. Зльтерман. - М.: Химия, 1980. - 288 с.
18. Внутренние санитарно—технические устройства [Текст] / Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха; науч. ред. И. Г. Староверова. - М.: Стройиздат, 1978. - 509 с.
19. Ануриев В. И. Справочник конструктора машиностроителя в 3-х томах. Том 1-3 [Текст] / В.И. Ануриев. - М: Машиностроение, 2001 - 920 с.
20. ГОСТ 481-80. Паронити прокладки. Технические условия [Текст]. Чинний від 1980-04-10. - К. : Міждержавні стандарти, 2012. — 14 с.

21. Руководство по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию теплообменников Т8-М производства компании «Alfa Laval». - Ш.: «Alfa Laval Ogor», 2015. - 72 с.
22. Барановский Н.В. Пластинчатые и спиральные теплообменники. [Текст] / Н.В. Барановский - М: Машиностроение, 2001 - 920 с.
22. ГОСТ 5632-72. Стали высоколегированные и сплавы жаростойкие коррозионностойкие, и жаропрочные. Марки
23. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали.
24. ФТОРОПЛАСТ-4. Технические условия. Polyethylene. ЗресШсайопз.
25. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков — Москва: «Химия», 2005. — 576с.
26. Соколов, В.И. Основы расчета и конструирования деталей и узлов пищевого оборудования [Текст] / В.И. Соколов — Москва: «Машиностроение», 1970. — 422 с.
27. Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст] / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский — Льв1в: «Машиностроение», 1970. — 752 с.
28. Барвш 0.1. Конструювання і розрахунок сталевих зварних посудин та апаратів. Фланцеві з'єднання [Текст]: навч. поабник / 0.1. Барвш, 1.М. Генкша, В.В. Іванченко. - Луганськ.: Схщноукра'шський ушверситет імеш Володимира Даля, 2007. - 306 с.
29. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Издание 3-е. в 2-х книгах: часть 2. Массообменные процессы и аппараты [Текст] / Ю.И. Дытнерский — Москва: «Химия», 2002. — 400 с.

Формат	Зона	Поз	Позначення	Найменування	Кіл	Примітка
A2			БІ81мп01.703313.01000-60СБ	<u>Документація</u> Плита нерухома Складальне креслення	1	
БК	1		БІ81мп01.703313.01001-60	<u>Деталі</u> Плита	1	
БК	2		БІ81мп01.703313.01002-60	Плита для стропування	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		3		Болт М18х100 ДСТУ 11738-84	8	
		4		Гайка М18 ДСТУ 11738-84	20	
		5		Кутак 100х60 ДСТУ 8509-93	2	
		6		Шайбка М18 ДСТУ 11738-84	8	
БІ81мп01.703313.01000-60						
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Літ	Аркуш
Розроб	Перев	Богенко ВВ Шидецький ВЮ	19.12.19	19.12.19		1
Нконтр	Затв	Шидецький ВЮ Мельник ВМ	19.12.19	19.12.19		1
Плита нерухома					НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"	

Перв застосує		Формат	Зона	Поз	Позначення	Найменування	Кіл	Примітка		
Довід №		A2			БІВІмн01.703313.02.000-60СБ	Плита рухома Складальне креслення	1			
		<u>Деталі</u>								
		БК	1	БІВІмн01.703313.02.001-60	Плита	1				
		БК	2	БІВІмн01.703313.02.002-60	Кругляк-ролик	1				
Підп и дата		БК	3	БІВІмн01.703313.02.003-60	Кругляк-втулка	1				
		<u>Стандартні вироби</u>								
		4	Болт М12х100 ДСТУ 11738-84	4						
		5	Гайка М12 ДСТУ 11738-84	4						
		6	Кутак 50х230 ДСТУ 8509-93	2						
		7	Шайба М12 ДСТУ 11738-84	8						
		8	Шайба М16 ДСТУ 11738-84	2						
		9	Шайба-стопорна М16	2						
			ДСТУ 13465-77							
Підп и дата		БІВІмн01.703313.02.000-60								
Зм Лист		№ докум		Підп		Дата				
Разроб		Босенко ВВ				17.11.19				
Перев		Шибєцький ВЮ				19.12.19				
Нконтр		Шибєцький ВЮ				19.12.19				
Затв		Мельник ВМ				19.12.19				
Інв № орг		Плита рухома						Лит	Аркуш	Аркушів
									1	1
								НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"		

Перв. запис		Формат	Зона	Поз	Позначення	Найменування	Кіл	Примітка	
		A2			БІ81мп01.703313.03.000-60СБ	Документація			
						Стійка	1		
						Складальне креслення			
						Деталі			
Додат. №	БК	1			БІ81мп01.703313.03.001-60	Верхня стійка	1		
	БК	2			БІ81мп01.703313.03.002-60	Вертикальна стійка	1		
	БК	3			БІ81мп01.703313.03.003-60	Нижня стійка	1		
	БК	4			БІ81мп01.703313.03.004-60	Плита для стропування	1		
	БК	5			БІ81мп01.703313.03.005-60	Приєднувальна плита	4		
						Стандартні вироби			
Підп. і дата		6				Болт М20х60 ДСТУ 11738-84	2		
		7				Болт М20х90 ДСТУ 11738-84	4		
		8				Гайка М20 ДСТУ 11738-84	5		
		9				Кутак 100х70 ДСТУ 8509-93	1		
		10				Шайба М16 ДСТУ 11738-84	11		
		БІ81мп01.703313.03.000-60							
ІНД. № орг.	Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата				
	Розроб	Босенко ВВ	17.11.19			Стійка	Лит	Аркуш	Аркушів
	Перев	Шидецкий ВЮ	18.12.19				1	1	
	Нконтр	Шидецкий ВЮ	19.12.19			НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"			
	Затв	Мельник ВМ	19.12.19						

Додаток Б Патентна документація

РЕФЕРАТ

Пластинчастий теплообмінник містить розміщені між натискними плитами зі стяжками штамповані пластини, розміщені по периметру пластин ущільнення, підвідні та відвідні патрубки. Пластини виконані так, що мають перемінну висоту по довжині каналу з певним кроком. Основним недоліком стандартного штампування є мала зрушеність шару потоку рідини у пакеті пластин.

Корисна модель належить до теплообмінного обладнання і може бути використана для процесу передачі теплової енергії від гарячого теплоносія до холодного в фармацевтичній, біотехнологічній, енергетичній, харчовій фармацевтичній та інших галузях промисловості.

Найближчий за технічною суттю є пластинчастий теплообмінник, що містить кілька зібраних в блок спільно з герметизуючими прокладками за допомогою стягуючих елементів через притискні пластини з фітингами теплообмінних пластин, які містять основну теплообмінну частину, розташовану між двома розподільчо-колекторними частинами, і отвори, розташовані в кутових частинах розподільчо-колекторних частин для забезпечення притоку і відтоку рідини або пари, що нагрівається або охолоджується, рифлення для розташування герметизуючих прокладок теплообмінної частини, розподільчо-колекторних частин, поблизу отворів. [Патент Євразійського патентного відомства на корисну модель № 200900416 А1, опубл. 2009.12.30].

Недоліком цього пластинчастого теплообмінника є те, що виникають застійні зони для рідких теплоносіїв.

В основу корисної моделі поставлена задача інтенсифікації процесу теплообміну.

Поставлена задача вирішується тим, що в пластинчастому теплообміннику, який виконаний у вигляді пакета паралельно розташованих теплообмінних пластах та ущільнювальних прокладок, при цьому кожна пластина має гофри перемінною висоти по довжині каналу, висота яких змінюється з певним кроком, згідно корисної моделі, що пропонується, новим є те, що гофри мають перемінну висоту по довжині каналу.

Таке виконання гофри забезпечує кращу інтенсифікацію процесу теплообміну.

Корисна модель пояснюється кресленням. На (Фіг. 1) зображено загальний вигляд теплообмінника, на (Фіг. 2) зображено загальний вигляд пластини, на (Фіг. 3 та Фіг. 4) зображено зміну висоти гофри по довжині каналу.

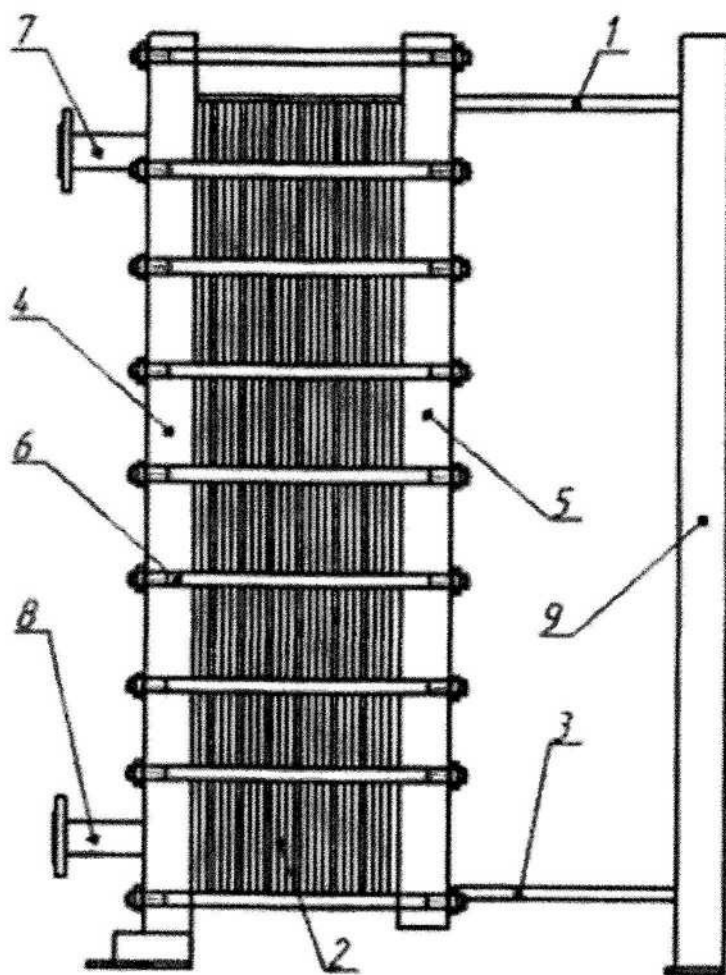
Пластинчастий теплообмінник (Фіг. 1) складається з рами з верхньою несучою штангою 1, на якій підвішений і може пересуватися по ній пакет з пластин 2, що фіксуються нижньою штангою 3. У робочому режимі пакет стиснуто до герметичного стану між нерухомою плитою 4 і рухомою плитою 5 гвинтовими стяжками 6. На плитах розміщені патрубки 7 і 8 для входу-виходу гарячого і холодного теплоносіїв, відповідно. Рама теплообмінника має кінцеву стійку 9 з опорою.

Пластинчастий теплообмінник працює наступним чином. Гарячий теплоносіє подається через вхідний штуцер 7 і верхні отвори для входу гарячого теплоносія 10 в міжпластинчасті канали, де розміщені гофри перемінної висоти від H до $H/2$ 11 по довжині каналу (Фіг. 3. Та Фіг. 4). Гофровані канали мають незмінну товщину 8 та ширину B . Гофри інтенсифікують процес теплообміну в каналах між пластинами і через пластини допомагають гарячому середовищу

передавати теплоту холодному робочому середовищу, що подається через вхідний штуцер 8 і нижні отвори для входу холодного теплоносія 13 в пластинах в міжпластинчасті канали. Охолоджене гаряче середовище виводиться через нижні отвори для виходу гарячого теплоносія 12 в пластинах та штуцер, а нагріте холодне робоче середовище відводиться з теплообмінника через верхній отвір для виходу холодного теплоносія 14 в пластинах та штуцер виходу холодного середовища.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пластинчастий теплообмінник, який виконаний у вигляді пакета паралельно розташованих теплообмінних пластах та ущільнювальних прокладок, при цьому кожна пластина має круглі отвори в кутових її частинах для підведення та відведення теплоносіїв та гофру, яка відрізняється тим, що гофра виконана з перемінною висотою по довжині каналу.



Фіг. 1

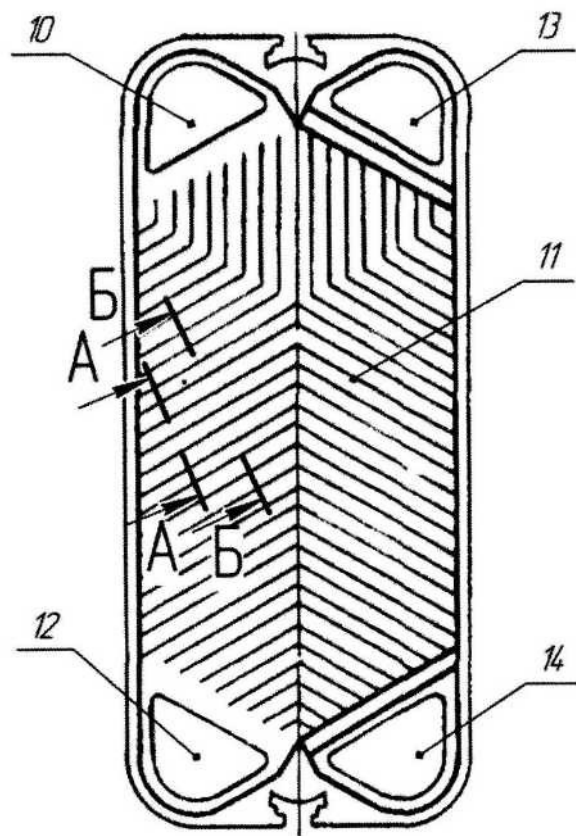


Fig. 2

A-A

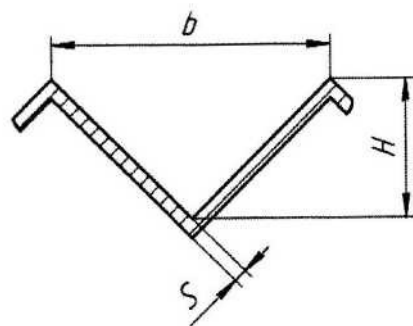


Fig. 3

B-B

