

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут
ім. акад. І.С.Гулого**

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Валентин ПЕТРЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності _____ 144 Теплоенергетика
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____
_____ Теплоенергетика та енергоефективні технології _____

на тему: Аналіз варіантів схем тепло-холододозабезпечення фармацевтичного підприємства

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТЕ-2-9М

_____ Охріменко Михайло Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Недбайло Олександр Миколайович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Рецензент _____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я, як здобувач Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержувала недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад.І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Теплоенергетика та енергоефективні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“20” листопада 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Охріменка Михайла Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Аналіз варіантів схем тепло-холодозабезпечення
фармацевтичного підприємства

керівник роботи: д.т.н., проф. Недбайло Олександр Миколайович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти “20” 11.2023 року № 940-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 6.02.2024 року

3. Вихідні дані до роботи:

матеріали переддипломної практики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

1. Огляд теплообмінного обладнання фармацевтичних підприємств

2. Розрахунок і технічні рішення по технологічному теплопостачанню і холодопостачанню

3. Аналіз варіантів схем теплопостачання і холодозабезпечення підприємства

Висновки

Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

презентація Power Point (слайди)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 11.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд теплообмінного обладнання фармацевтичних підприємств	11.11-21.11.23	Виконано
2	Розрахунок і технічні рішення по технологічному теплопостачання і холодопостачанню	22.11-05.12.23	Виконано
3	Аналіз варіантів схем теплопостачання і холодозабезпечення підприємства	06.12.23-10.01.24	Виконано
4	Оформлення кваліфікаційної роботи	30.12-28.01.24	Виконано
5	Оформлення презентації в середовищі Power Point	29.01-04.02.24	Виконано

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Михайло ОХРИМЕНКО

_____ (ім'я та прізвище)

Олександр НЕДБАЙЛО

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ІНФОРМАЦІЙНИЙ БЛОК		5
АНОТАЦІЯ		7
ВСТУП		9
1.	ОГЛЯД ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ	11
1.1.	Теплообмінники	11
1.2.	Стерилізатори	19
1.3.	Основні теплоносії та холодоагенти та вимоги до них	25
1.4.	Особливості використання ВОТ в технологічному обладнанні фармацевтичних підприємств та їх переваги	28
2.	РОЗРАХУНОК І ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЮ І ХОЛОДОПОСТАЧАННЮ	31
2.1.	Розрахунок технологічного навантаження на тепло- і холодопостачання при виробництві фармацевтичних препаратів	31
2.2.	Варіанти рішень по тепло- і холодопостачання технологічних споживачів ¹²	40
2.3.	Розрахунок пікового і річного теплового споживання системи опалення і тепловентиляції	41
2.4.	Розрахунок пікового і річного теплового споживання системи ГВП	42
2.5.	Розрахунок загального річного теплового споживання	43
2.6.	Варіанти рішення по теплопостачання опалювальних систем	44
2.7.	Розрахунок річного холодноспоживання систем кондиціонування	44
2.8.	Варіанти рішення по холодопостачання систем кондиціонування	45
3.	АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ СХЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І ХОЛОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА	46
3.1.	Опис варіантів технічних рішень по реалізації теплопостачання	46
3.2.	Опис варіантів технічних рішень по реалізації холодопостачання	48
3.3.	Розрахунок техніко-економічних показників системи теплопостачання	51
3.4.	Розрахунок техніко-економічних показників системи холодопостачання	53
3.5.	Переваги і недоліки запропонованих систем теплопостачання	54
3.6.	Переваги і недоліки запропонованих систем холодопостачання	58
ВИСНОВКИ		61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРИ		64
ДОДАТКИ		65

ІНФОРМАЦІЙНИЙ БЛОК

Актуальність дослідження.

Одним із напрямків по зменшенню викидів CO₂ є зменшення енергоспоживання промисловими підприємствами шляхом вибору оптимальної схеми їх тепло та холодопостачання, що призводить до зменшенню значень питомих величин енергоспоживання на одиницю готової продукції.

Зв'язок дослідження роботи з науковими програмами.

Робота виконана у відповідності плану НДР кафедри теплоенергетики та холодильної техніки НУХТ на 2024 р.

Мета дослідження.

Підвищення енергоефективності схем тепло та холодозабезпечення фармацевтичних підприємств.

Завдання дослідження.

Визначити техніко-економічні показники різних варіантів схем тепло та холодозабезпечення фармацевтичних підприємств та обрати оптимальні.

Об'єкт дослідження.

Тепло та холодозабезпечення фармацевтичних підприємств.

Предмет дослідження.

Оптимальна схема тепло та холодозабезпечення фармацевтичних підприємств.

Практичне значення отриманих результатів.

Одержані результати можуть бути використанні при проектуванні та модернізації схем тепло та холодозабезпечення фармацевтичних підприємств.

Особистий внесок магістранта.

Магістрант:

- здійснив аналітичний огляд літературних публікацій з питань дослідження в області тепло та холодозабезпечення фармацевтичних підприємств;

- визначив техніко-економічні показники різних варіантів схем тепло та холодозабезпечення фармацевтичних підприємств та запропоновано оптимальну.

Публікації.

За матеріалами магістерського дослідження публікації автора роботи на момент її захисту – відсутні.

Структура магістерської роботи.

Магістерська робота складається із вступу та 3 розділів, висновків та додатків. Повний обсяг роботи становить 68 стор. Робота містить 18 таблиць, 13 рисунків, 3 додатків

АНОТАЦІЯ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі проаналізовано та запропоновано оптимальний варіант схеми тепло- та холодозабезпечення фармацевтичного підприємства. Проведено огляд теплообмінного обладнання, що використовується в фармацевтичних підприємствах, а також теплоносії і холодоагенти, що застосовуються в них.

У цій роботі розглянуто альтернативи технічного переозброєння теплогенеруючого обладнання з переходом на високоефективні термомасляні нагрівачі та водогрійні котли.

У процесі порівняння альтернативних варіантів бралися до уваги як капітальні витрати, необхідні для будівництва та обладнання котельних та холодильних станцій, відповідних тепломереж та закупівлі спеціального теплоносія, так і щорічні експлуатаційні витрати, які необхідні для надійної та безаварійної роботи підприємства.

Ключові слова: теплозабезпечення, холодозабезпечення, високотемпературне органічне термомасило, фармацевтичні препарати

ANNOTATION

This master's thesis analyzes and proposes the optimal variant of the scheme of heat and cold supply of a pharmaceutical enterprise. A review of heat exchange equipment used in pharmaceutical enterprises, as well as heat carriers and refrigerants used in them, was carried out.

This paper considers alternatives for the technical re-equipment of heat-generating equipment with the transition to high-efficiency thermal oil heaters and hot water boilers.

In the process of comparing the alternatives, both the capital expenditures required for the construction and equipment of boiler and cooling stations, the corresponding heating networks and the purchase of a special heat carrier, as well as the annual operating costs required for reliable and trouble-free operation of the enterprise were taken into account.

Keywords: heat supply, cooling supply, high-temperature organic thermal grease, pharmaceuticals

ВСТУП

Зростання цін на енергоносії та посилення конкуренції на ринку фармацевтичних препаратів призвели до доцільності перегляду традиційних схем тепло- та холодопостачання підприємства з метою їх оптимізації щодо енергоефективності, що, зрештою, веде до зниження енергетичної (паливної, електричної) складової у собівартості готової продукції.

Основне виробництво підприємства – виготовлення фармацевтичних препаратів та інгредієнтів є енергоспоживаючим. Основним теплоносієм, що використовується в даний час для технології на функціонуючому виробництві підприємства є насичена пара середнього тиску (до 4 бар), оскільки збільшення робочих параметрів пари пов'язане з істотним збільшенням вартості технологічного обладнання, а для опалювальних цілей використовується гаряча вода, що отримується в пароводяних кожухотрубних теплообмінниках.

У той же час деякі технології вимагають великих робочих температур, що, для насиченої пари, однозначно вимагає підвищення робочого тиску до значень, які не можуть бути реалізовані з технічних і/або економічних причин.

Для забезпечення таких технологій тепловою енергією пропонується використовувати теплогенератори з високотемпературним органічним, напівсинтетичним або синтетичним теплоносієм (BOT).

Оптимізація інвестиційних витрат виконується шляхом техніко-економічного порівняння капітальних та експлуатаційних витрат на енергозабезпечення підприємства для різних альтернативних схем.

Як базова схема теплозабезпечення підприємства обрана традиційна схема централізованого теплопостачання від однієї центральної парової котельні з двома газовими паровими котлами одиничною паропродуктивністю 6 т/год, робочим тиском 6 бар (дана паропродуктивність котлів задана Замовником у вигляді вихідних даних).

Як альтернативи розглянуті схеми децентралізованого теплопостачання об'єктів від двох котелень з використанням:

- для опалення - низькотемпературних водогрійних котлів,

- для технологічного теплопостачання - перегрітої води та високотемпературного органічного теплоносія (далі – термомастила) з відповідним теплоенергетичним обладнанням.

Як базову схему холодопостачання підприємства обрано традиційну схему централізованого холодопостачання від холодильної станції на базі машин для охолодження рідкого теплоносія та градирні.

Як альтернативи розглянуті схеми децентралізованого холодопостачання об'єктів з різним ступенем децентралізації та використанням вторинних енергоресурсів.

Основними критеріями при порівнянні альтернативних варіантів були:

- повні витрати на тепло-холодопостачання підприємства;
- енергоефективність;
- надійність тепло-холодопостачання;
- якість регулювання необхідних параметрів процесів.

1. ОГЛЯД ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ [1]

1.1. Теплообмінники

В фармацевтичній та мікробіологічній промисловості використовуються теплообмінні апарати: кожухотрубні, типа "труба в трубі", змійовикові, пластинчаті, спіральні.

При вибирані теплообмінників в першу чергу керуються можливістю підвищення коефіцієнта теплопередачі, який зростає з підвищенням швидкості теплоносіїв. Але при цьому зростає гідравлічний опір.

Коефіцієнт теплопередачі зменшується при забрудненні поверхні теплообміну, тому поверхня повинна бути доступна для вилучення утворених забруднень.

При обрані шляху руху теплоносіїв необхідно керуватися умовами: забруднення і можливості виділення осадів теплоносія, доцільно пропускати по найбільш доступній для очищення поверхні теплообміну; щоб коефіцієнт теплопередачі був найбільший, теплоносій з меншим коефіцієнтом тепловіддачі необхідно пропускати через труби; коли охо лодженню або нагріванню підлягає кородуючий продукт, то при про ектуванні теплообмінника для виготовлення труб, решіток і камер не обхідно передбачувати антикорозійний матеріал; а кожух із звичай ного металу; в нагрівниках для зменшення втрат тепла теплоносіїв з високою Температурою необхідно пропускати по трубам; в холодильниках - навпаки гарячий теплоносій пропускають в гарячий міжтрубний простір, щоб корпус не підлягав тиску - теплоносій з високим тиском необхідно пропускати по трубам.

Швидкість пропускання теплоносіїв в теплообмінниках приймають: для газів до 25м/с, для пара при конденсації до 10 м/с, для рідини - до 3 м/с.

Кожухотрубні теплообмінники широко використовуються для нагрівання і охолодження рідких та газоподібних середовищ. Теплообмінник складається із пучка трубок, кінці яких закріплені в спеціальних трубних решітках, розташованих всередині загального кожуха. Один із теплоносіїв рухається по

трубам, а інший- в просторі між кожухом і трубами - міжтрубний простір. Кожухотрубні теплообмінники бувають одноходові і багатоходові.

Середовища звичайно нагріваються протитоком. При цьому нагріване середовище направляють знизу вверху, а середовище, яке віддає тепло, - в протилежному напрямку.

Кожухотрубні одноходові теплообмінники доцільно використовувати при пропусканню по трубах великого об'єму теплоносія (газові теплообмінники, теплообмінники з теплообміном між газом і рідиною), а також як конденсатори парів органічних рідин.

Для збільшення швидкості теплообміну використовуються багатоходові кожухотрубні теплообмінники. Розбивку труб на ходи проводять таким чином, щоб у всіх секціях знаходилося однакова кількість труб. Для збільшення швидкості і шляху руху середовища в міжтрубному просторі служать сегментні перегородки. Число ходів в теплообміннику не перевищує 5-6, що пов'язано з гідравлічним опором теплообмінника.

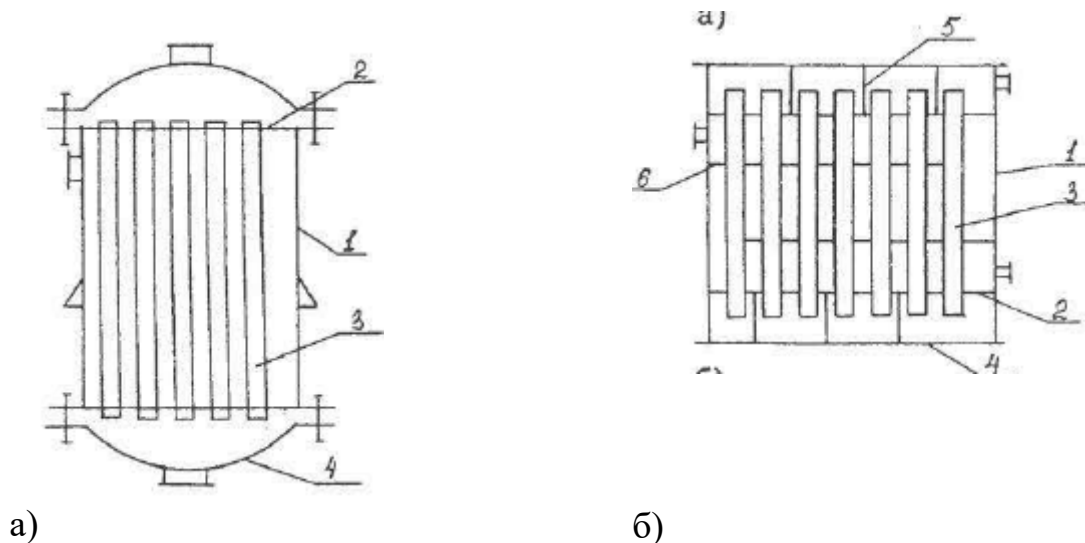


Рис . 1.1 Кожухотрубний теплообмінник

а) одноходовий; б) багатоходовий

1- корпус; 2- труб; решітка; 3- труби ; 4- кришка ; 5- перегородки у кришці;
6- пере городки в міжтрубному просторі

Кожухотрубні багатоходові теплообмінники використовуються як рідинні теплообмінники або при теплообміні між конденсуючим паром і рідиною (конденсатори пара підігрівачі рідини), коли рідина проходить по трубах, а пар - по міжтрубному просторі.

Коли середня різниця температур труб і кожуха в теплообмінниках незначна використовують жорсткі конструкції, такі у яких трубні решітки приварені до корпусу, коли ця різниця стає значною - 50 °С, то труби і корпус подовжуються неоднаково. У даному випадку використовується кожухотрубні теплообмінники не жорсткої конструкції, які допускають деяке переміщення труб відносно кожуха апарата.

Теплообмінники з лінзовими компресорами прості по конструкції, але вони використовуються при невеликих надлишкових тисках в міждрубному просторі, який не перевищує 0,6 МПа.

При значних переміщеннях труб і кожуха використовуються теплообмінники з плаваючою головкою, у яких нижня трубна решітка 2 являється рухомою.

В кожухотрубних теплообмінниках з U-подібними трубами, самі труби 3 виконують функцію компенсуючих пристроїв. Зовнішня поверхня труб може бути легко очищена при вийманні всієї трубчатки із корпусу апарата. Недолік U-подібних теплообмінників трудність очищення внутрішньої поверхні труб і складність розміщення великого числа труб у трубній решітці.

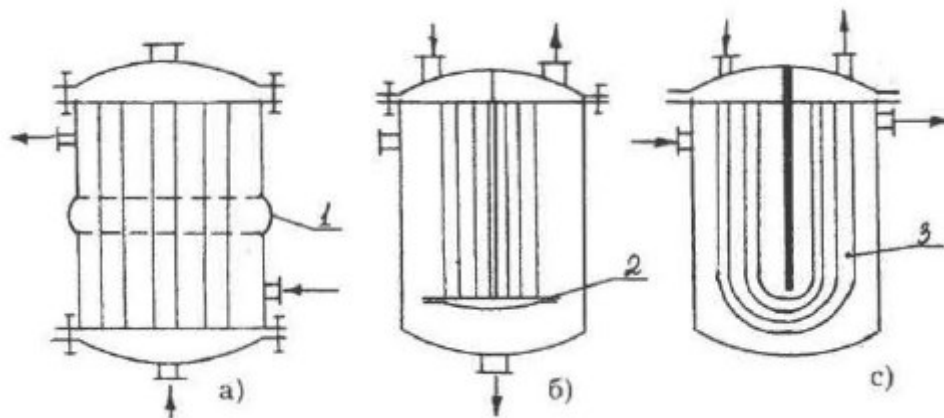


Рис. 1.2 . Конструкції кожухотрубних теплообмінників

а) з лінзовим компенсатором; б) з плаваючою головкою; в) з U-подібним пучком труб.

1- компенсатор; 2) рухома трубна решітка; 3) U-подібні труби.

В кожухотрубних теплообмінниках з U-подібними трубами, самі труби 3 виконують функцію компенсуючих пристроїв. Зовнішня поверхня труб може бути легко очищена при вийманні всієї трубчатки із корпусу апарата. Недолік

U-подібних теплообмінників трудність очищення внутрішньої поверхні труб і складність розміщення великого числа труб у трубній решітці.

Труби всередині кожухотрубного теплообмінника розташовуються по концентричному колу, по периметру прямокутників і шестикутників. Кожухотрубні теплообмінники використовуються для теплообміну при температурах- 60 ... 600 °С і тиску до 6,4 МПа. Коефіцієнт теплопередачі складає для багатьох середовищ 400 ... 800 Вт/(м²·К).

Теплообмінні апарати типу «труба в трубі» використовуються для охолодження стерильних живильних середовищ в безперервному потоці.

Внутрішня труба 1 має діаметр 57-108 мм з'єднується калачом 3. Швидкості теплоносіїв складають 1-1,5 м/с. Ці теплообмінники більш громіздкі ніж кожухотрубні, вимагають більших витрат металу на одиницю поверхні теплообміну. Коефіцієнт теплопередачі складає -1000 Вт/(м ·К).

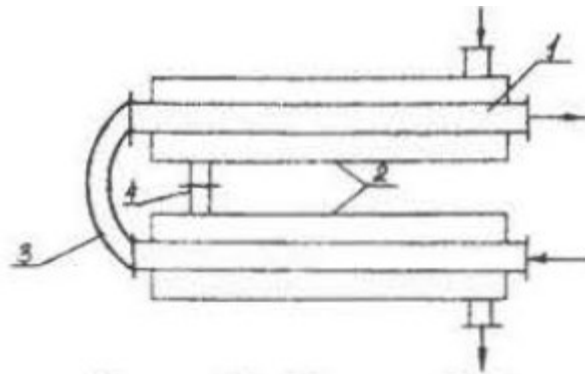


Рис. 1.3. Теплообмінник «труба в трубі»

1- внутрішня труба; 2- зовнішня труба; 3- калач; 4- патрубок

Змійовикові теплообмінники використовуються для підігрівання, або охолодження продуктів.

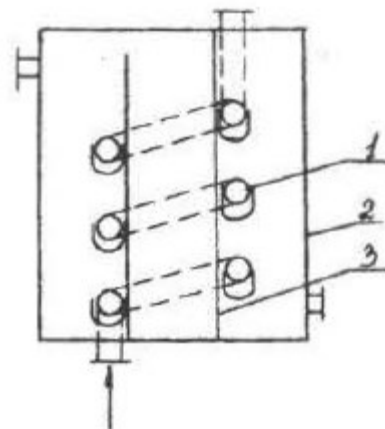


Рис. 1.4. Змійовиковий теплообмінник

1- спіральний змійовик; 2- корпус апарата; 3- конструкція для кріплення змійовика

Діаметр труби 1 змійовика складає 15-75мм. Змійовикові теплообмінники працюють при низьких теплових навантаженнях. Вони використовуються при поверхні нагріву до 10 ... 15м².

Спіральні теплообмінники

В спіральних теплообмінниках поверхня теплообміну створена спіральними каналами висотою 8-12мм, розміщеними між металевими стрічками 1,2 товщиною 1-4 мм зігнутих в спіраль. З торців канали закриті плоскими кришками 4.

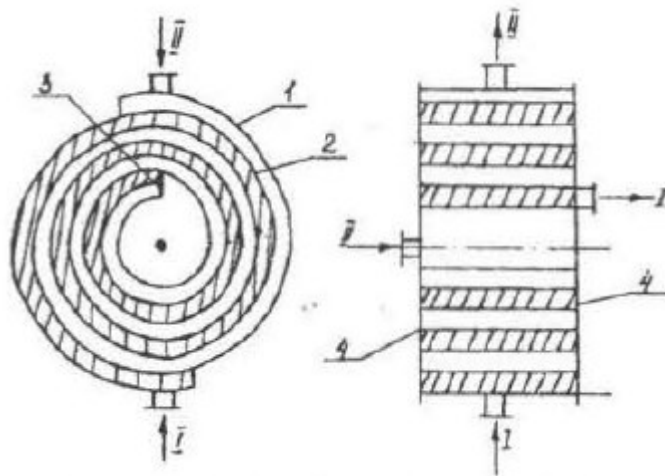


Рис.1.5. Спіральний теплообмінник

1,2- стрічка згорнута в спіраль; 3- перегородка; 4- кришка

Горизонтальні спіральні теплообмінники використовуються для теплообміну між двома рідинами.

Для теплообміну між конденсуючим паром і рідиною використовуються вертикальні спіральні теплообмінники як конденсатори і як парові підігрівачі для рідин. Поверхня теплообміну спіральних теплообмінників складає 10-100м², працюють при тиску 1,0 мПа і температурах від 20-200°С, коефіцієнт теплопередачі змінюється в межах 800-1000 Вт/м²К. Коефіцієнт гідравлічного опору спіральних теплообмінників нижче чим кожухотруб них

теплообмінників. Швидкість руху рідинних теплоносіїв по каналах складає 1-2 м/с.

Зрошувальні теплообмінники

Зверху секції прямих труб 1 зрошуються водою, яка рівномірно розподіляється у вигляді капель і струмків при допомозі розподільчого жолоба 3 з зубчатими краями. Відпрацьована вода відводиться з піддону 4, встановленого під секціями труб.

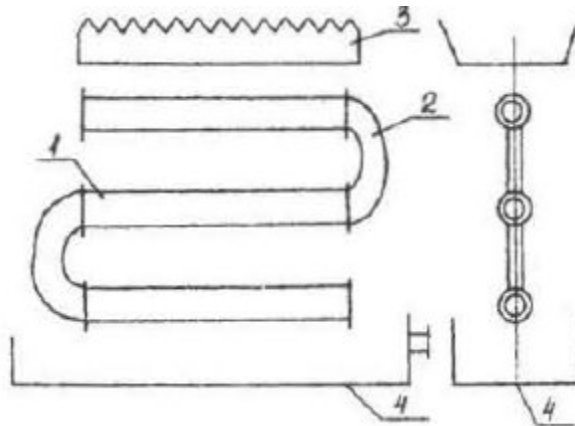


Рис. 1.6. Зрошувальний теплообмінник

1- секція прямих труб; 2- калач ; 3- розподільний жолоб ; 4- піддон

Зрошувальні теплообмінники використовуються, основним чином , як холодильники і конденсатори при цьому майже 50% тепла відводиться шляхом випарювання охолоджуємої води. Недолік зрошувальних теплообмінників: 1) громоздність; 2) нерівномірність змочування зовнішньої поверхні труб; 3) наявність капель і бризок, які попадають в навколишнє середовище.

Ребристі теплообмінники - використовуються з метою збільшення поверхні зі сторони того теплоносія, який дає низьке значення коефіцієнта тепловіддачі(в порівнянні з іншим теплоносієм).

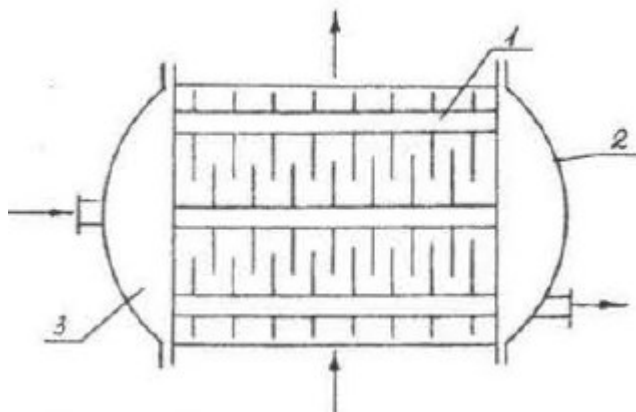


Рис . 1.7. Ребристий теплообмінник

1- труби з ребрами; 2- колектор для відведення конденсату; 3- колектор для підведення пари

Труби з поперечними ребрами різної форми використовуються в апаратах для нагрівання повітря (калориферах), а також в апаратах повітряного охолодження. Способи оребрення: поперечно круглими або поздовжніми ребрами на зовнішній поверхні труб; поздовжнені плоскі прямі і гвинтові ребра; дротяна циліндрична спіраль, навита і припаяна на зовнішній поверхні труб.

Теплообмінні пристрої реакційних апаратів використовуються для нагрівання і охолодження середовища, у яких поверхня теплообміну створена стінками самого апарату.

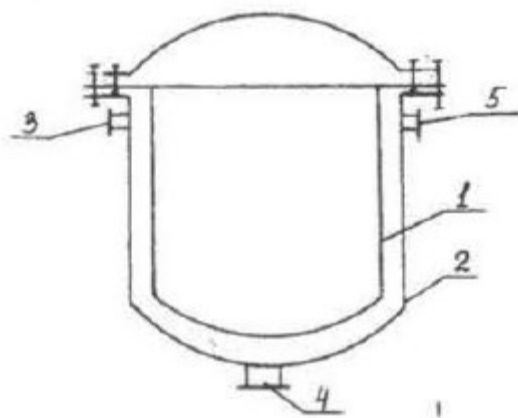


Рис. 1.8. Реакційний апарат

1-корпус апарата; 2-оболонка; 3- штуцер для підігрівання пари; 4-штуцер для відведення конденсату; 5- штуцер для відведення неконденсованих газів

До числа теплообмінних пристроїв створених елементами стінки апарату відносяться оболонки.

Оболонка 2 в деяких випадках кріпиться фланцями до корпусу апарата, або приварюється до корпусу, при цьому утруднюється її очистка і ремонт. Поверхня теплообміну оболонки не перевищує 10 м^2 . Тиск теплоносія в оболонці $0,6\text{-}10 \text{ МПа}$. Нагрівання або охолодження при підвищених тисках теплоносія (до 6 МПа) може відбуватися при допомозі змійовикових, приварених до зовнішньої стінки апарату у виготовлених із напівциліндрів, розрізаних по твірній труби або із кутикової сталі.

Пластинчасті теплообмінники широко застосовуються для охолодження і підігрівання і підігрівання різноманітних рідин з робочими температурами до 300°C при тиску $1,6 \text{ МПа}$ (рис 1.9). Теплообмінник складається з пакету гофрованих металевих пластин. Між пластинами утворюється герметичні канали, у яких здійснюється протитечієвий рух гарячого і холодного теплоносіїв. Пластини гофровані для того, щоб збільшити поверхню теплообміну і створити турбулентну течію рідини в вузьких каналах, відстань між якими дорівнює $3\text{-}10 \text{ мм}$. Пластини відокремлюються одна від одної прокладками 2 і мають два отвори по кутах для входу і виходу одного теплоносія, що циркулює в герметичному каналі. Через два інших кутових отвори в пластині втікає і витікає інший теплоносіє.

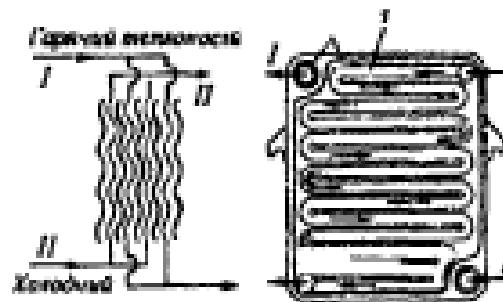


Рис. 1. 9. Пластинчастий теплообмінник

Пластини стягнуті зажимами. Внаслідок високих швидкостей руху рідини між пластинами досягається високе значення коефіцієнта теплопередачі з малим гідравлічним опором.

Паралельне розташування плоских пластин з малими проміжками між ними дає змогу розмістити в просторі робочу поверхню теплообмінника найбільш компактно, завдяки чому значно зменшуються габарити

пластинчастого апарата порівняно з іншими типами рідинних теплообмінників. Наприклад, коефіцієнт компактності пластинчастих апаратів (відношення робочої поверхні до об'єму робочої зони) досягає 200 м²/м³, що в 5-10 разів більше, ніж для трубчастих.

Пластинчастий теплообмінник дає можливість зробити різноманітні компонуючі варіанти і легко допускає збільшення (або зменшення) робочої поверхні апарата, що знаходиться в експлуатації, допускає вільне внесення різноманітних коригувань у схему руху потоків і дає змогу зосереджувати на одній станині теплообмінні секції різноманітного призначення для виконання в одному апараті усього комплексу операцій теплового оброблення продуктів, що є надзвичайно важливим фактором.

Випускаються різноманітні модифікації теплообмінників цього типу з пластинами зі сталі різних марок, алюмінію, титану та інших металів, розбірної та нерозбірної конструкції з поверхнями теплообміну від 0,4 до 600 м².

1.2. Стерилізатори

Класифікація способів і обладнання для стерилізації живильних середовищ

Біологічно активні речовини отримують поверхневим способом культивування на сипучих твердих живильних середовищах або глибинним на рідких живильних середовищах.

Апарати для стерилізації стерильних сипучих речовин класифікуються на:

1) Установки періодичної дії:

- а) стерилізатор горизонтальний одноступеневий;
- б) стерилізатор горизонтальний двохступеневий;
- в) стерилізатор вертикальний;
- г) стерилізатор газовий;
- д) стерилізатор двохступеневий сумісний.

2) Установки безперервної дії:

- а) вібростерилізатор;
- б) стерилізатор з використанням потоків високої і надвисокої частоти;

в) стерилізатори з сильнотічними прискорювачами електронів.

Для стерилізації твердих сипких середовищ використовуються теплові і холодні способи стерилізації. Теплова стерилізація здійснюється паром (під вакуумом, атмосферним чи надатмосферним тиском), інфрачервоними променями, електронагрівом при допомозі високочастотно і надвисокочастотного нагрівання.

До холодних способів стерилізації відносяться: іонізуючого випромінювання, хімічна стерилізація окислом етилену, ультразвуковий, радіаційного впливу та фільтрування через стерилізуючі фільтри.

При стерилізації окислом етилену використовують газові стерилізатори шкафного типу періодичної дії з рециркуляцією окислу етилену.

Для стерилізації сипучих середовищ іонізуючим випромінюванням використовується пучок наведених прискорених електронів до 5 MeV, отриманих від сильнотічних прискорювачів.

Рідинні середовища стерилізуються шляхом теплової обробки або при допомозі фільтрування через асбестоцелюлозні мембранні фільтри типу МФА-03.

Процеси періодичної стерилізації рідинних середовищ відбуваються в спеціальних апаратах, або безпосередньо в ферментаторах після їх завантажування. Для стерилізації рідинних середовищ використовуються установки стерилізації УНС, а також зарубіжні установки фірми "Де-Лаваль" та роторного типу виробництва Югославії.

Стерилізатор горизонтального типу конструкції ВНДЕКІпродмаш

Використовується для стерилізації сипучих живильних середовищ, який обладнаний пароводяною оболонкою.

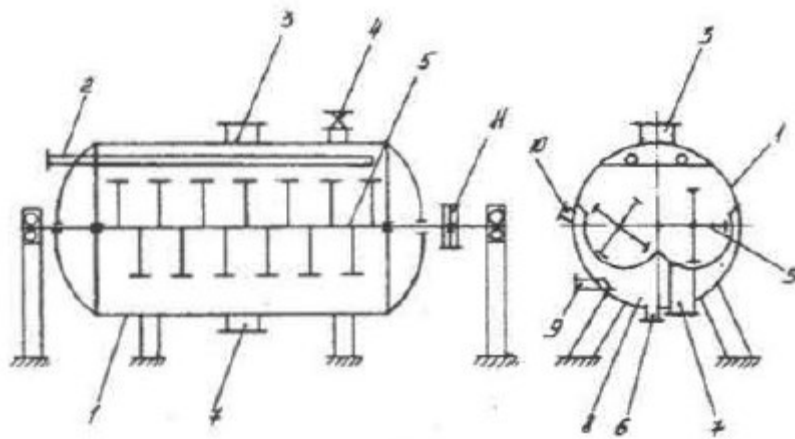


Рис. 1.10. Стерилізатор ВНДЕЮпродмаш

1- корпус; 2- патрубок подачі води; 3- люк для завантажування сировини; 4- повітряник; 5- вал з лопатками; 6- патрубок для впускання та випускання води; 7- розвантажувальний люк; 8- водяна оболонка; 9- патрубок для подачі пари; 10- патрубок для відведення не-сконденсованих парів та газів; 11- привід валу

Вали 5 обертаються в різні сторони, при цьому середовище безперервно перемішується в протилежних напрямках, забезпечуючи інтенсивне перемішування. Для прискорення нагріву середовища призначена параводяна оболонка 8, у яку подається пар при тиску до 0,2 МПа. Середовище витримують при заданій температурі стерилізації з періодичним включенням перемішуючих пристроїв 5. Одночасно можлива стерилізація до 400 кг. сухих компонентів і до 600 л води для отримання середовища вологістю 58 ... 60%.

Двоступеневий стерилізатор періодичної дії горизонтального типу

Використовується для стерилізації сипучих живильних середовищ і дозуванням посівної культури. Продуктивність стерилізатора 150 кг/год. Накопичувач 5 призначений для витримування середовища при температурі стерилізації. В парові оболонки 3 подається пар при тиску 0,5-0,6 МПа. Тормозні лопатки 12 призначені для кращого перемішування середовища, яке стерилізується. У витримувачі 5 середовище знаходиться 60-90хв. і у нього мається парова оболонка 13.

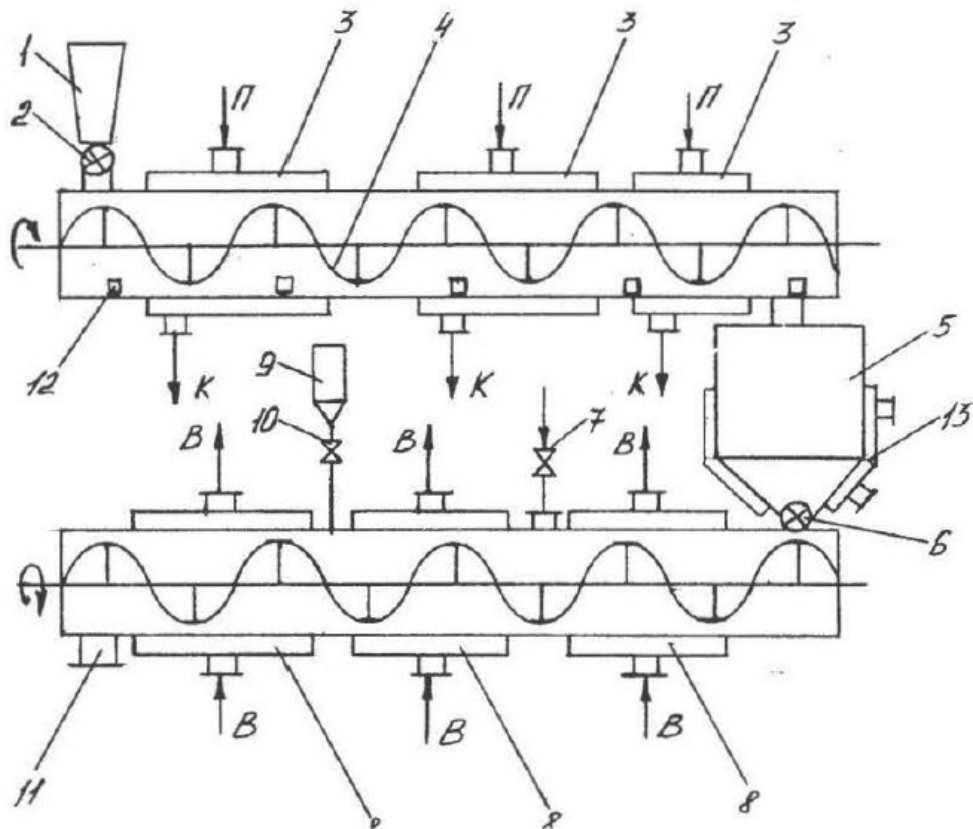


**Рис. 1.11. Двоступеневий стерилізатор періодичної дії
горизонтального типу**

1- бункер для сировини; 2- дозатор сировини; 3- парова оболонка ; 4- стерилізатор; 5- накопичувач ; 6- дозатор сировини; 7- патрубок подачі стерильної води; 8- водяна оболонка для охолодження середовища; 9- ємність посівної культури ; 10- дозатор посівної; 11- патрубок відведення стерильного середовища ; 12-тормозні лопатки

Недолік горизонтальних стерилізаторів: неповне використання об'єму апарата, забивання вивантажувальних люків, нерівномірність стерилізації, неповне вивантажування середовища із стерилізатора.

Стерилізатор періодичної дії вертикального типу

Він призначений для стерилізації сипучих середовищ, який складається із двох ступенів.

Перша ступінь, у якій відбувається нагрівання і стерилізація зволоженого середовища, являється стерилізатором вертикального типу, а друга ступінь призначена для зволоження середовища, охолодження і засів посівної культури, являє собою змішувач горизонтального типу. Лопатки 4 виготовлені

у вигляді літакового крила, щоб не спресовувати середовище. Завантажується стерилізатор через лаз 8 і кількість введеної сировини 600 кг. Частота обертання перемішуючого пристрою горизонтального змішувача 0,17 ... 0,2 1/с.

Вібростерилізатор

Це апарат безперервної дії у якому відбуваються такі операції: завантажування, стерилізація і засівання культури.

Вібраційний лоток 4 по довжині розділений на три частини: 1) завантажувальну, яка виконує функцію дозатора; 2) стерилізаційну, де відбувається нагрівання і стерилізація середовища при температурі 130-140 °С і 3) засівну, де відбувається охолодження і зволоження середовища при добавленні холодної стерильної води, засівання і переміщення середовища.

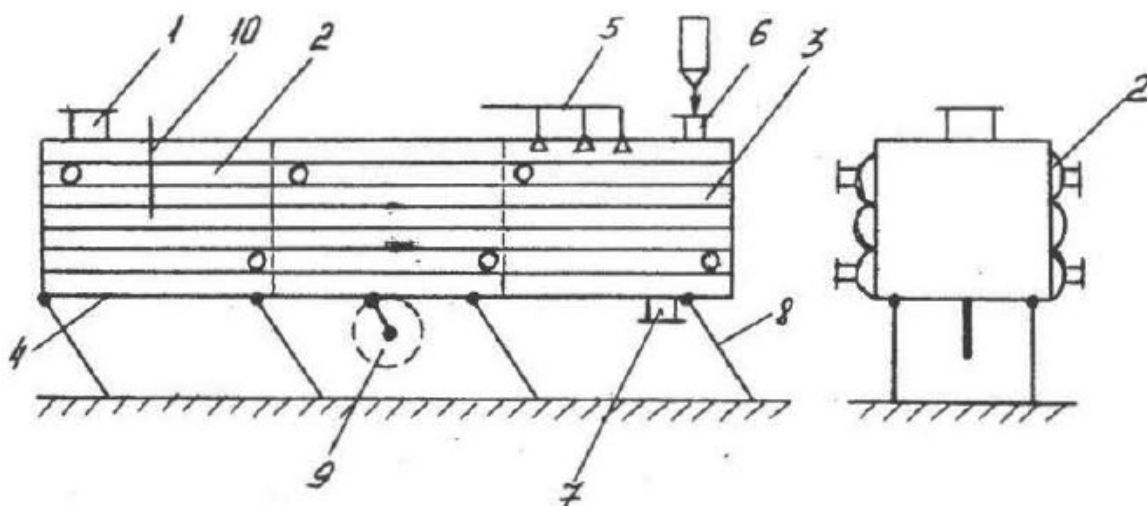


Рис. 1.12. Вібростерилізатор

1- завантажувальний лаз; 2- трубчатий підігрівач; 3- трубчатий охолоджувач ; 4-лоток вібраційний; 5- розсіювач стерильної води ; 6-патрубок для подачі посівної культури; 7- розвантажувальний люк; 8-пружні стійки ; 9-вібратор; 10- регулюючий шибер

Регулюючий пристрій 10 призначений для встановлення висоти шару середовища . Швидкість переміщення сипучого середовища відбувається при зміні частоти і амплітуди коливання вібратора 9. Стерилізація відбувається за рахунок теплової радіації. Охолодження живильного середовища відбувається водою за допомогою трубчатого охолоджувача 3.

Недоліки вібростерилізатора :

- нерівномірність стерилізації середовища;
- комкування живильного середовища під час стерилізації;
- клейстеризація крохмалю.

Високочастотний стерилізатор безперервної дії

Відмінність високочастотного нагрівання матеріалів полягає у тому, що нагрівання досягається дуже швидко за рахунок безпосереднього перетворення енергії токів високої частоти в теплову.

Швидкість нагрівання визначається напруженням електричного поля, електрофізичними властивостями матеріалу і не залежить від геометричної форми матеріалу.

Стрічковий транспортер 5 розміщений в середині герметизованої і екранованої камери. Живильне середовище завантажується в бункер 1 і дозатором 2 рівномірним шаром висотою 30мм. поступає на стрічковий транспортер. По мірі виходу із зони високочастотного нагрівання живильне середовище охолоджується за рахунок природної тепловіддачі до температури $t=40 \dots 45^{\circ}\text{C}$, а потім зсипається на другу ступінь, де відбувається охолодження, зволоження і засівання.

Для створення умов, які б виключали виникнення спонтанної мікрофлори в стерилізаційній камері встановлені бактерицидні лампи 3 БУВ-30.

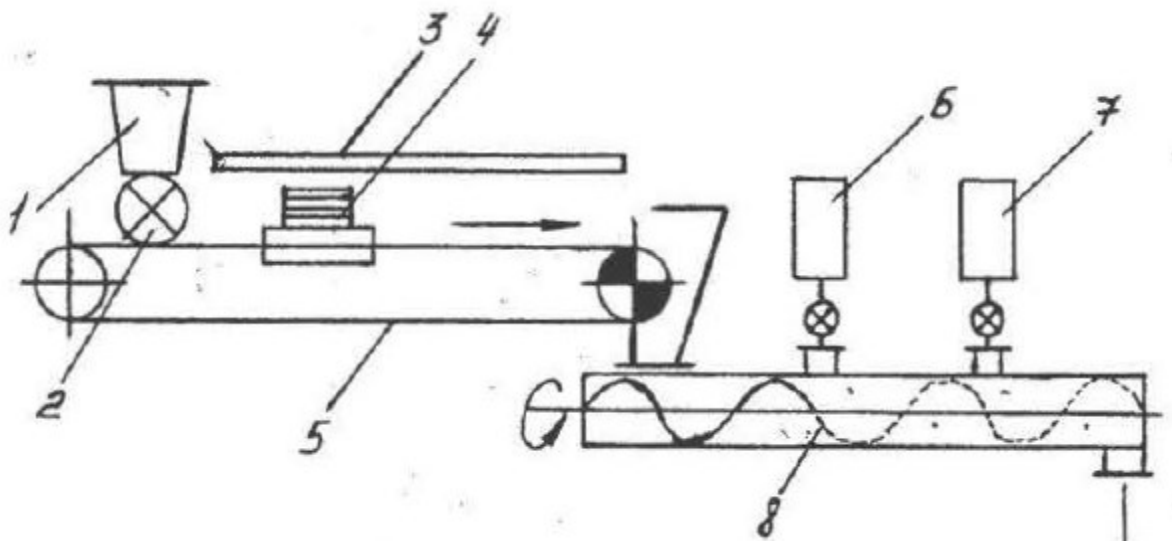


Рис . 1.13. Високочастотний стерилізатор безперервної дії

1- завантажувальний бункер; 2- дозатор живильного середовища; 3- бактерицидна лампа; 4- високочастотний генератор; 5- стрічковий транспортер; 6- дозатор стерильної води ; 7- дозатор посівної суспензії; 8-двохсекційний шнек

За допомогою високочастотного генератора досягається температура матеріалу 140 ... 180°C при експозиції обробки 120 ... 180°C досягається повна стерильність середовища при вологості 10...12%.

Переваги високочастотної стерилізації по зрівнянню з тепловою: безперервність процесу, висока швидкість нагрівання середовища, просте регулювання та контролю процесу, покращання технологічних властивостей середовища. Продуктивність високочастотного стерилізатора складає 300 кг/год.

Стерилізатор з використанням іонізуючого випромінювання

Схема установки аналогічна як у високочастотному стерилізаторі, але замість генератора 4 встановлена іонізуюча пушка. Обробка живильних середовищ відбувається дозами 0,5 ... 2,5 млн.рад. Термін обробки 30...60 с.

Температура живильного середовища не змінюється. Вміст розчинних цукрів збільшується на 20 ... 30%. Використовуються прискорювачі ЕЛТ-2,5.

1.3. Основні теплоносії та холодоагенти та вимоги до них [3]

До найрозповсюдженіших теплоносіїв належать:

Насичена водяна пара.

Насичена водяна пара буває високого і низького тиску. Насичена водяна пара низького тиску не дозволяє нагріти реакційну суміш до температури 200°C і вище (її максимальна температура 60°C), але має такі переваги:

- доступність і дешевизна;
- високий коефіцієнт теплопередачі;
- при її використанні легко і точно регулюється температура, а установки є дешевими і компактними;
- відсутність токсичної дії і хімічна стійкість;

- легко транспортувати навіть на значні віддалі;
- висока теплота випаровування, а отже, і висока теплота конденсації;
- велике значення ККД.

Насичена водяна пара високого тиску ($P = 2-4$ МПа) дає можливість нагрівати реакційну масу до температури 200°C і вище. Однак для таких високих тисків потрібне використання дорогої і дуже великої апаратури апаратури, тому цю пару використовують дуже рідко.

Нагріті рідини.

Якщо потрібно нагріти реакційну масу до порівняно невисокої температури $20-80^{\circ}\text{C}$, то можна використати нагріту воду, яка має менший коефіцієнт тепловіддачі, ніж в пари. Можна спочатку у виробничому процесі використовувати пару, а далі і воду.

Для досягнення вищих температур (до $150-300^{\circ}\text{C}$) використовують висококиплячі органічні теплоносії (ВОТ). Найрозповсюдженішою з них є дифенільна суміш (26,5% дифенілу і 73,5% дифенілоксиду), її температура топлення $12,3^{\circ}\text{C}$, кипіння - 258°C , а розкладання - 400°C . При 240°C дифенільна суміш є ще в рідкому стані, за вищих температур її можна перевести в пару. Однак не рекомендується її гріти вище 350°C .

Також до ВОТ відносять трансформаторне і силіконове масло (т кип 300°C), гліцерин та ін. Утім, всі ВОТ під час нагрівання мають поганий запах, тому обладнання має бути герметичним.

Обігрів із використанням електричного струму.

Зручний метод нагрівання, який дає можливість нагрівати до дуже високих (до 1200°C) температур. Установки є компактними, легко регулюються, мають високий ККД (до 95%!). Інколи спіралі опускають безпосередньо в реакційну масу, але найчастіше спіралі розміщують ззовні сорочки апарату, покривають теплоізоляцією, а в сорочку заливають висококипучі органічні теплоносії.

Нагріте повітря.

Інколи як теплоносії використовують нагріте в калориферах повітря. Як правило, його застосовують для сушіння речовин у сушарках різного типу.

До теплоносіїв висуваються такі наступні вимоги:

- досягнення високих температур за низьких тисків;
- висока хімічна стійкість;
- відсутність корозійної дії;
- високий коефіцієнт тепловіддачі;
- велика теплота випаровування;
- низька температура топлення;
- вогне- і вибухобезпека;
- відсутність токсичних властивостей;
- дешевизна і доступність.

Найрозповсюдженіші холодоагенти:

1. Якщо потрібно охолодити до кімнатної температури (17-18°C), то можна використовувати звичайну воду з системи водопостачання. Недоліком є те, що вода містить багато солей і газів та може викликати корозію.

2. Якщо потрібно охолодити до ще нижчих температур, використовують ропу (розсіл) - 20% розчин NaCl або CaCl₂ у воді. Ці розчини мають температуру замерзання -15°C...20°C. Їх попередньо охолоджують в холодильній машині і подають в сорочку реактора для охолодження реакційної маси до -8°C...-12°C. Розчини солей викликають сильну корозію!

3. Інколи використовують рідкий аміак, який випаровується і забирає велику кількість тепла, використовується в холодильних машинах.

4. Якщо потрібно охолодити суміш до дуже низьких температур, то використовують рідкий азот, який отримують при ректифікації рідкого замороженого повітря (при одержанні чистого кисню), або суху вуглекислоту (стиснутий вуглекислий газ - білий порошок); їх зберігають в дюарах (сталевих термосах). В дюари з вуглекислотою заливають спирт або ацетон, які розчиняють CO₂; випаровуються і охолоджуються до -30°C.;.. -40°C.

5. Деколи використовують просто звичайний лід (часто в суміші з сіллю). Його завантажують безпосередньо в реакційну масу (реактор), коли вміст та концентрація води не має значення і вода не вступає в хімічну взаємодію (наприклад: при діазотуванні або азосполученні, коли наявність води в реакційній суміші допускається).

1.4. Особливості використання ВОТ в технологічному обладнанні фармацевтичних підприємствах

Системи з діатермальним маслом замінюючи пар в технологічних процесах забезпечують точний рівномірний контроль температури, що веде до підвищення якості виробництва та продукції, низькі витрат на технічне обслуговування, безпеку людини та навколишнього середовища та високоефективну роботу системи протягом багатьох років.

Ефективність. Виробники нагрівачів стверджують, що ККД системи з теплоносієм діатермальне масло вище, ніж у звичайних парових системах. Вони не вимагають обробки води та менш схильні до забруднення, завдяки значно меншому тепловому потоку. А якщо взяти до уваги миттєві втрати типової парової системи (включаючи втрати в уловлювачах) від 6% до 14%, втрати на продувку до 3% і втрати в деаераторі ще 2%, різниця в ефективності стає помітною. Системи з термо маслом не зазнають жодної з цих втрат і, як наслідок, можуть бути на 30% ефективнішими.

Ліцензовані оператори. У багатьох країнах законодавство вимагає, щоб інженери з експлуатації стаціонарних установок постійного нагляду за роботою парових систем високого тиску. Річні витрати на одного інженера можуть значними. На відміну від парових систем, більшість термомасляних систем працюють під атмосферним тиском і з'єднуються з атмосферою через розширювальний бак. Тиск у цих системах обмежується нагнітанням насоса, необхідним для утримання рідини в турбулентному потоці, долаючи опір тертя трубопроводу. Типовий тиск нагнітання насоса може коливатися від 2 до 5 бар. Через безпечну роботу без тиску системи термального масла рідко потребують ліцензованих операторів.

Корозія. У парових системах відома проблемами це корозія. Повітря в поєднанні з гарячою водою, солями та іншими реактивними забруднювачами створює надзвичайний потенціал для корозії металу. Пара абразивна і практично не має змащувальних властивостей. Додайте накип і відкладення мінералів, які містяться в більшості систем водопостачання, і проблеми з системою швидко посилюються. Термомасляні системи абсолютно не корозійні

і тому забезпечують високий ступінь захисту поверхні металу.

Технічне обслуговування. Парові системи вимагають постійного технічного обслуговування, зосередженого на конденсатовідвідниках, клапанах, насосах для повернення конденсату, компенсаторах, аналізі та обробці води. А коли електроенергія зникає в холодному кліматі, парові системи замерзають, лопаються труби та пошкоджуються компоненти. Системи з діатермальним маслом не потребують уловлювачів, повернення конденсату, продувки та реактивів для обробки води, її можна вимкнути навіть за мінусових умов, не побоюючись замерзання. Якщо теплоносій охолоджується нижче температури застигання, він стискається не створюючи небезпеки розриву труб. Доведено, що системи гарячого масла працюють тихо, безпечно та ефективно протягом багатьох років з мінімальним обслуговуванням.

Екологічна безпека. Вода в паровій системі повинна пройти хімічну обробку, серед іншого, щоб зменшити корозію. Хімікати не можна скидати в каналізацію, оскільки вони становлять значну небезпеку для навколишнього середовища. Крім того, температура води, що випускається, часто регулюється законодавством. Якщо воду потрібно зливати в каналізацію, необхідні спеціальні засоби для охолодження, (у багатьох місцевостях не можна зливати воду, з температурою вищою за 60°C). Системи з термо маслом не потребують продувки і на відміну від парових систем, не піддаються постійним витокам. У разі витоку масла із системи, очищення виконується за допомогою простих процедур, які застосовуються при розливі легкого мастила. І на відміну від обробленої живильної води для парових котлів, для утилізації термо масла пропонують безпечну та просту утилізацію. Його можна об'єднати з відпрацьованими мастилами, відправити місцевому переробнику моторних масел і переробити в інший корисний продукт.

Безпека. Для забезпечення тепла, необхідного для більшості процесів, парові системи повинні працювати під надзвичайно високим тиском. Наприклад, при 315°C система насиченої пари створює приблизно 110 бар. Навіть при 200°C тиск залишається високим – близько 16 бар. Навпаки,

більшість систем з термо маслом випускаються в атмосферу. Тиск нагнітання насоса в термомасляній системі достатньо високий, щоб подолати опір тертя від трубопроводів і компонентів, зберігаючи турбулентний потік.

Контроль температури. Парові системи покладаються на контроль тиску для контролю температури. Завдяки цій залежності від делікатного балансу тиску точність, як правило, обмежена коливаннями $\pm 5^{\circ}\text{C}$ або близько того в кращому випадку. З часом, оскільки система старіє та корозія бере своє, контроль температури погіршується. Рівномірність нагріву також може бути проблемою через різні швидкості конденсації та видалення конденсату у теплоспоживача. І це без урахування негативних наслідків корозії металевої поверхні та покриття. Для порівняння, виробники термомасляного обладнання повідомляють про здатність регулювати коливання температури до $\pm 1^{\circ}\text{C}$ або менше. Ця точність досягається дозуванням і змішуванням холоднішої зворотної рідини з теплішою рідиною з лінії подачі. Додавши до рівняння високошвидкісний турбулентний потік рідини, забезпечується точність і однорідність контролю температури по всій поверхні користувача.

Вартість системи. Вартість придбання парових систем може бути нижчою, ніж систем з діатермальним маслом. Термомаслянні системи менш складні і їх окупність складається із: зниження експлуатаційних витрат, витрат на технічне обслуговування та екологічні проблеми, а також збільшення виробництва та якості продукції в результаті кращого контролю нагрівання та охолодження. Поєднайте це з підвищеною безпекою та зменшенням витрат на робочу силу, і загальна економічність термомасляних систем значно перевершить пар

2. РОЗРАХУНОК І ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЮ І ХОЛОДОПОСТАЧАННЮ

2.1. Розрахунок технологічного навантаження на тепло- і холодопостачання при виробництві фармацевтичних препаратів

Розрахунок пікових теплових потужностей для технологічних операцій отримання АМІЗОНу фармакопейного

ТП 1-1÷11. Синтез БАІНК

Обладнання: Реактор-конденсатор, $V=0,8$ м³, $G_a=1200$ кг, матеріал – сталь нержавіюча

Вихідний матеріал: бензіламін – 114 кг, ізонікотинова кислота – 120 кг.

Режим обробки: нагрівання до $t=95^{\circ}\text{C}$, $\tau_n=20$ хв.

$$P_n=1,1 \cdot [1200 \cdot 0,11 \cdot (95-15) + 114 \cdot 0,3 \cdot (95-50) + 120 \cdot 0,38 \cdot (95-15)]$$

$$4,186 / (60 \cdot 20) = 65 \text{ кВт}$$

Режим обробки: нагрівання до $t=150^{\circ}\text{C}$, $\tau_n=20$ хв.

$$P_n=1,1 \cdot [1200 \cdot 0,11 \cdot (150-95) + 114 \cdot 0,3 \cdot (150-95) + 120 \cdot 0,38 \cdot (150-95)]$$

$$4,186 / (60 \cdot 20) = 44,7 \text{ кВт і витримка } \tau_v = 3 \text{ год.}$$

$$P_v=0,1 \cdot P_n=65 \cdot 0,1=6,5 \text{ кВт}$$

Режим обробки: нагрівання до $t=200^{\circ}\text{C}$, $\tau_n=30$ хв.

$$P_n=1,1 \cdot [1200 \cdot 0,11 \cdot (200-150) + 114 \cdot 0,3 \cdot (200-150) + 120 \cdot 0,38 \cdot (200-150)]$$

$$4,186 / (60 \cdot 30) = 27,1 \text{ кВт і витримка } \tau_v = 2 \text{ год.}$$

$$P_v=0,1 \cdot P_n=65 \cdot 0,1=6,5 \text{ кВт}$$

Режим обробки: нагрівання до $t=210^{\circ}\text{C}$, $\tau_n=10$ хв.

$$P_n=1,1 \cdot [1200 \cdot 0,11 \cdot (210-200) + 114 \cdot 0,3 \cdot (210-200) + 120 \cdot 0,38 \cdot (210-200)]$$

$$4,186 / (60 \cdot 10) = 8,1 \text{ кВт і витримка } \tau_v = 2 \text{ год.}$$

$$P_v=7,0 \text{ кВт}$$

Режим обробки: охолодження до $t=100^{\circ}\text{C}$, $\tau_o=3$ год.

$$P_o=1,1 \cdot [1200 \cdot 0,11 \cdot (100-210) + 114 \cdot 0,3 \cdot (100-210) + 120 \cdot 0,38 \cdot (100-210)]$$

$$4,186 / (60 \cdot 180) = 9,9 \text{ кВт (від'ємна теплова потужність означає потужність охолодження)}$$

ТП 2-11÷14. Очистка вугіллям

Обладнання: Реактор обробки вугіллям, $V=0,8$ м³, $G_a=1200$ кг, матеріал –

сталь нержавіюча

Вихідний матеріал: напівпродукт – 710 кг, вугілля активований - 5,6кг.

Режим обробки: нагрівання до $t=75^{\circ}\text{C}$, $t_n=1$ год. і витримка $t_v=0,5$ год.

$$P_H=1,1 \cdot [1200 \cdot 0,11 \cdot (75-15) + 710 \cdot 0,4(75-50) + 5,6 \cdot 0,02 \cdot (75-15)]$$

$$\cdot 4,186 / (60 \cdot 60) = 29,5 \text{ кВт}$$

$$P_v=0,1 \cdot P_H=29,5 \cdot 0,1=2,9 \text{ кВт}$$

В цей же період відбувається нагрівання друк-фільтра під наступну фільтрацію до $t=75^{\circ}\text{C}$, тому теплова потужність при витримка збільшується на 8 кВт, тобто

$$P_v=0,1 \cdot P_H=29,5 \cdot 0,1+8=10,9 \text{ кВт}$$

ТП 3-16÷17. Кристалізація

Обладнання: Реактор для кристалізації, $V=0,8$ м3, $G_a=1200$ кг, матеріал – сталь нержавіюча

Вихідний матеріал: напівпродукт – 700 кг.

Режим обробки: охолодження до $t=-2^{\circ}\text{C}$, $t_o=2$ год. і кристалізація $t_k=3$ год.

$$P_o=1,1 \cdot [1200 \cdot 0,11 \cdot (-2-30) + 700 \cdot 0,4(-2-30)] \cdot 4,186 / (60 \cdot 120) = -7,9 \text{ кВт}$$

$$P_k=-8,9 \text{ кВт}$$

ТП 4-22÷24. Очистка 2

Обладнання: реактор для кристалізації, $V=0,8$ м3, $G_a=1200$ кг, матеріал – сталь нержавіюча.

Вихідний матеріал: напівпродукт – 300 кг, вода очищена - 540кг.

Режим обробки: нагрівання до $t=30^{\circ}\text{C}$, $t_n=1$ год і витримка $t_v=1$ год, охолодження до $t=20^{\circ}\text{C}$, $t_o=40$ хв.

$$P_H=1,1 \cdot [1200 \cdot 0,11 \cdot (30-15) + 300 \cdot 0,4(30-2) + 540 \cdot 1 \cdot (30-15)] \cdot 4,186 / (60 \cdot 20) = 8,5 \text{ кВт}$$

$$P_v=0,1 \cdot P_H=8,5 \cdot 0,1=1,0 \text{ кВт}$$

$$P_o=1,1 \cdot [1200 \cdot 0,11 \cdot (20-30) + 300 \cdot 0,4(20-30) + 540 \cdot 1 \cdot (20-30)] \cdot 4,186 / (60 \cdot 40) = -14,8 \text{ кВт}$$

ТП 5-1÷2. Сушка БАІНК

Обладнання: сушка ВСЕ-1,0

Вихідний матеріал: 320 кг - БАІНК.

Режим обробки: сушка при $t=40\div 50^{\circ}\text{C}$ протягом $t_c = 10-12$ годин, $P=1$ кгс/см²; $j_n=1,11$ кг/м³

$$P_c = D_c \cdot 0,641 = 39,2 \cdot 0,641 = 26 \text{ кВт}$$

ТП 6-1÷9. Очистка БАІНК

Обладнання: Реактор для обробки вугіллям, $V=0,8$ м³, $G_a=1200$ кг, матеріал – сталь нержавіюча.

Вихідний матеріал: реакційна маса після сушки – 300 кг, вугілля активований - 6кг.

Режим обробки: нагрівання до $t=70^{\circ}\text{C}$, $t_n = 1$ год і витримка $t_v = 0,5$ год.

$$P_n = 1,1 \cdot [1200 \cdot 0,11 \cdot (70-15) + 300 \cdot 0,4 \cdot (70-15) + 6 \cdot 0,02 \cdot (70-15)]$$
$$4,186 / (60 \cdot 20) = 21,3 \text{ кВт}$$

$$P_v = (0,1 \cdot 21,3) = 2,1 \text{ кВт}$$

ТП 7-10÷15. Синтез FAV00A

Обладнання: реактор для алкілірування, $V=1,0$ м³, $G_a=1300$ кг, матеріал – сталь нержавіюча.

Вихідний матеріал: FAV00A-300 кг, метил йодистий - 205,8кг

Режим обробки: нагрівання до $t=50^{\circ}\text{C}$, $t_n = 1$ год і витримка $t_v = 1$ год.

$$P_n = 1,1 \cdot [1300 \cdot 0,11 \cdot (50-15) + 300 \cdot 0,4 \cdot (50-15) + 205,8 \cdot 1,71 \cdot (50-15)]$$
$$4,186 / (60 \cdot 20) = 35,3 \text{ кВт}$$

$$P_v = 0,1 \cdot P_n = 35,3 \cdot 0,1 = 3,5 \text{ кВт}$$

Обладнання і Вихідний матеріал те же.

Режим обробки: нагрівання до $t=80^{\circ}\text{C}$, $t_n = 1$ год. і витримка $t_v = 1,5$ год.

$$P_n = 1,1 \cdot [1300 \cdot 0,11 \cdot (80-50) + 300 \cdot 0,4 \cdot (80-50) + 205,8 \cdot 1,71 \cdot (80-50)]$$
$$4,186 / (60 \cdot 20) = 23,6 \text{ кВт}$$

$$P_v = 0,1 \cdot P_n = 23,6 \cdot 0,1 = 2,3 \text{ кВт}$$

ТП 8-16÷17. Кристалізація

Обладнання: реактор для алкілірування, $V=1,0$ м³, $G_a=1300$ кг, матеріал – сталь нержавіюча.

Вихідний матеріал: FAV00A-300 кг, метил йодистий - 205,8кг

Режим обробки: охолодження до $t=10^{\circ}\text{C}$, $t_o = 3$ год і витримка $t_v = 2$ год.

$$P_o = 1,1 \cdot [1300 \cdot 0,11 \cdot (10-40) + 300 \cdot 0,4 \cdot (10-40) + 205,8 \cdot 1,71 \cdot (10-40)]$$

$$4,186/(60 \cdot 180) = 7,9 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{в}} = 0,15 \cdot P_{\text{н}} = -7,9 \cdot 0,15 = -1,2 \text{ кВт}$$

ТП 10-1÷7. Очистка FAV00A технічного

Обладнання: реактор для розчинення, $V=1,6 \text{ м}^3$, $G_a=1930 \text{ кг}$, матеріал – сталь нержавіюча.

Вихідний матеріал: FAV00A технічний – 500 кг, вода очищена – 98 кг, етанол 96% - 1150 кг, вугілля активований – 16 кг.

Режим обробки: нагрівання до $t=90^\circ\text{C}$, $t_{\text{н}}=2,5 \text{ год}$ і витримка $t_{\text{н}}=0,5 \text{ год}$

$$P_{\text{н}} = 1,1 \cdot [1930 \cdot 0,11 \cdot (80-15) + 500 \cdot 0,4 \cdot (80-15) + 98 \cdot 1 \cdot (80-15) + 1150 \cdot 0,68 \cdot (80-15) + 16 \cdot 0,02 \cdot (80-15)] \cdot 4,186/(60 \cdot 30) = 49,6 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{в}} = 0,1 \cdot P_{\text{н}} = 49,6 \cdot 0,1 = 5,0 \text{ кВт}$$

ТП 11-8÷10. Кристалізація

Обладнання: реактор для розчинення, $V=1,2 \text{ м}^3$, $G_a=1450 \text{ кг}$, матеріал – сталь нержавіюча.

Вихідний матеріал: FAV00A технічний – 500 кг, вода очищена – 98 кг, етанол 96% - 1150 кг, вугілля активоване – 16 кг.

Режим обробки: охолодження до $t=10^\circ\text{C}$, $t_{\text{о}}=3 \text{ год}$ і витримка $t_{\text{в}}=2 \text{ год}$.

$$P_{\text{о}} = 1,1 \cdot [1450 \cdot 0,11 \cdot (10-40) + 500 \cdot 0,4 \cdot (10-40) + 98 \cdot 1 \cdot (10-40) + 1150 \cdot 0,68 \cdot (10-40) + 16 \cdot 0,02 \cdot (10-40)] \cdot 4,186/(60 \cdot 180) = 16,5 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{в}} = 0,15 \cdot P_{\text{н}} = -16,5 \cdot 0,15 = -2,5 \text{ кВт}$$

ТП 13-15÷16. Сушка пасти амізона фармакопейного

Обладнання: сушка ВСЕ-1,0, $V=1,0 \text{ м}^3$

Вихідний матеріал: паста амізона фармакопейного – 400 кг

Режим обробки: сушка при $t=25\div 35^\circ\text{C}$ протягом 12-16 год, $P=1 \text{ кгс/см}^2$, $j_{\text{н}}=1,11 \text{ кг/м}^3$

$$P_{\text{с}} = D_{\text{с}} \cdot 0,641 = 39,2 \cdot 0,641 = 26 \text{ кВт}$$

ТП -1÷4. регенерація спирту після отримання технічного FAV00A

Обладнання: реактор для розчинення, $V=1,0 \text{ м}^3$, $G_a=1315 \text{ кг}$, матеріал – сталь нержавіюча.

Вихідний матеріал: маточник; 504 кг

Режим обробки: нагрівання до $t=79^\circ\text{C}$, $t_{\text{н}}=2 \text{ год}$, і возгонка спирту

етилового, $t_{отг.}=3$ год, $G_{сп.}=448$ кг

$$P_H=1,1 \cdot [1315 \cdot 0,11 \cdot (79-15) + 504 \cdot 0,68 \cdot (79-15)] \cdot 4,186 / (60 \cdot 120) = 19,9 \text{ кВт}$$

Теплова потужність для отримання возгонкою 448 кг спирту етилового.

$$P_{отг.}=1,1 \cdot 448 \cdot 216,4 \cdot 4,186 / (60 \cdot 180) = 42,1 \text{ кВт}$$

Теплова потужність охолоджувача для конденсації 448 кг спирту етилового

$$P_{конд.} = -P_{отг.} = -42,1 \text{ кВт}$$

ТП -1÷4. регенерація спирту після отримання фармакопейного амізону

Обладнання: реактор, $V=1,6$ м³, $G_a=1930$ кг, матеріал – сталь нержавіюча.

Вихідний матеріал: маточник; 1200 кг

Режим обробки: нагрівання до $t=79^{\circ}\text{C}$, $t_n=2$ год., и возгонка спирту етилового, $G_{сп.}=1120$ кг, $t_{отг.}=5$ год

$$P_H=1,1 \cdot [1930 \cdot 0,11 \cdot (79-15) + 1200 \cdot 0,68 \cdot (79-15)] \cdot 4,186 / (60 \cdot 120) = 42,1 \text{ кВт}$$

Теплова потужність для отримання возгонкою 1120 кг спирту етилового.

$$P_{отг.}=1,1 \cdot 1120 \cdot 216,4 \cdot 4,186 / (60 \cdot 180) = 62,0 \text{ кВт}$$

Теплова потужність охолоджувача для конденсації 1120 кг спирту етилового

$$P_{конд.} = -P_{отг.} = -62,0 \text{ кВт}$$

Таблиця 2.1

Зведений технологічний процес виробництва АМІЗОНа

Найменування процесу	Обладнання	№	Операція	ГОД,	Темп. Проц., °С	Теплова потуж, кВт		Темп. Т-я, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Синтез БАІНК	Реактор-конденсатор 800 л, сух. маса 1200 кг	1,2	Загрузка бензиламіна і ізонікот. К-ти,	40	15	0		вимк
		3	нагрів без перемішування	20	95	65,0		250
		4	нагрів з перемішуванням	20	150	44,7		250
		4	витримка	180	150	6,5		250
		5	нагрівання з перемішуванням	30	200	27,1		250
		5	витримка	120	205	6,5		250
		6	нагрів з перемішуванням	10	210	8,1		250
		6	витримка	120	210	7,0		250
		7	охолодження з перемішуванням	180	100	-9,9		30
		8,9	завантаження етилацетат,	20	66	0		вимк
		10	витримка	40	60	0		вимк
		11	передавлювання	20	50	0		вимк
Очистка вугіллям 1	Реактор для обробки вугіллям	12	перемішування, нагрівання пред серії з 15	60	75	29,5		120
	800 л, сух маса 1200 кг	13	витримка	30	75	10,9		120
	Друк-фільтр	14	фільтрація	120	70	0		вкл.
Кристалізація	Реактор для кристалізації	15	самоохолодження	840	30	0		вимк
	800 л, сух маса 1200 кг.	16	охолодження з перемішуванням	120	-2	-7,9		-10
		17	кристалізація	180	-2	-1,6		-10
	Центрифуга	18	фільтрація	90	22	0		вимк
Очистка 2	Реактор для кристалізації	19,20,21	промивання, завантаження реактора	180	20	0		вимк
	800 л, сух маса 1200 кг.	22	перемішування и нагрівання	70	30	8,5		120
		23	перемішування і охолодження	40	20	-14,8		0
		24,25,26	фільтрація, промивання реактора		15	0		вимк

Найменування процесу	Обладнання	№	Операція	ГОД,	Темп. Проц., °С	Теплова потуж, кВт		Темп. Т-я, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сушка БАІНК	Сушка поличкова	1,2	загрузка, сушка	840	50	26		120
Очистка БАІНК	Реактор для обробки вугіллям	1,2	завантаження,	20	15	0		вимк
	800 л, сух маса 1200 кг	3	перемішування	20	15	0		вимк
		4,5	загрузка, перемішування	40	15	0		вимк
		6	загрузка вугілля	20	15	0		вимк
		7	нагрівання и перемішування	50	70	21,3		120
		8	витримка	30	70	2,1		120
	Друк-фільтр	9	фільтрація	60	50	0		вимк.
Синтез FAVOOA	Реактор для алкілювання	10	перемішування і нагрівання	20	50	35,3		120
	1000 л сух маса 1300 кг	11,12	додавання	60	50	18,8		120
		13	витримка	60	50	3,5		120
		14	нагрів	60	80	23,6		120
		15	витримка	90	80	0,0		120
Кристалізація		16	самоохолодження	900	40	0,0		вимк.
			охолодження	180	10	-7,9		-10
		17	витримка	120	10	-1,2		-10
Фільтрація пасти	Центрифуга	18	фільтрація	30	20	0		вимк
	збірник 1000 л	19,20	промивання і фільтрація	60	20	0		вимк
		21	вивантаження	120	20	0		вимк
Очистка FAVOOA	Реактор для розчинення	1,2,3	завантаження, перемішування	50	15	0		вимк
	1600 л, сух. Маса 1930 кг	4	загрузка вугілля	20	15	0		вимк
		5	перемішування і нагрівання	150	90	49,6		120
		6	витримка	30	90	5,0		120
	друк-фільтр	7	фільтрація	50	70	0		вимк

Найменування процесу	Обладнання	№	Операція	ГОД,	Темп. Проц., °С	Теплова потуж, кВт		Темп. Т-я, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кристалізація	Реактор-кристалізатор 2 шт.	8	самоохолодження	900	40	0		вимк
	1200 л, 1450 кг	9	охолодження с перемішуванням	180	10	-16,5		-10
		10	витримка	120	10	-2,5		-10
Фільтрація пасти	Центрифуга	11,12,13	фільтрація, промивка	90	20	0		
	збірник 1000 л	14	вивантаження пасти	90	20	0		вимк
Сушка	сушка барабана	15	загрузка	40	20	0		вимк
		16	сушка	900	30	26		120
	пакувальний стіл	17,18	фасування в подвійні пакети, упаковка, маркування	180	20	0		нет
Регенерація спирту після тех. FAVOOA								
	Куб , охолоджувач, збірник		нагрів	120	79	19,9		120
	1000 л, сух. Маса 1300 кг		возгонка	180	79	41,3		120
						-41,3		20
Регенерація спирту після фармакоп. FAVOOA								
	Реактор для розчинення		нагрів	120	79	42,1		120
	1600 л, сух. Маса 1930 кг		возгонка	300	79	62,0		120
						-62,0		20

Примітки:

1. Негативна теплова потужність операції означає потужність охолодження, а позитивна – потужність нагріву;
2. Колір колонки 8 означає вид теплоносія. Жовтий колір відповідає термомастилу, а синій – воді або водно-гліколевій суміші.

Для визначення пікових теплових навантажень (нагрівання та охолодження), за результатами виконаних розрахунків будуються діаграми процесів у координатах «теплова потужність» - «год».

Виконуючи ряд перерізів, характерними інтервалами визначаються пікові теплові потужності на виробництво фармацевтичного препарату.

Результати визначення пікових потужностей:

Термомастило: нагрівання 65 кВт (температура не менше 240 ° C); холод 10 кВт (температура трохи більше 50°C)

Перегріта вода: нагрівання 202,5 кВт (температура 120 ° C);

Вода або водно-гліколева суміш: холод 103,3 кВт (температура не більше 40 ° C);
холод 24,4 кВт (температура -10 ° C)

Аналогічно проводимо розрахунок решти фармацевтичних препаратів.

2.2. Варіанти рішень по тепло- і холодопостачання технологічних споживачів

Таблиця 2.2

Варіанти генерації тепла для забезпечення технологічних систем

№ варіанта	Найменування системи	
1	Локальні електротеплогенератори з ВОТ для технологічного теплопостачання високотемпературних технологій з робочою температурою теплоносія до 280°C	Парова котельня з централізованим теплозабезпеченням для технологічного теплопостачання споживачів з робочою температурою теплоносія до 130°C
2	Термомасляна котельня з централізованим теплозабезпеченням з двома газовими котлами з ВОТ з робочою температурою мастила 280°C (2x1453кВт) для технологічного теплопостачання споживачів із робочою температурою теплоносія до 280°C – безпосередньо, а також - з робочою температурою теплоносія до 130°C – через теплообмінника мастило/вода	
3	Комбінована котельня з централізованим теплозабезпеченням з двома газовими котлами з ВОТ з робочою температурою мастила 280°C (2x232кВт) для технологічного теплопостачання споживачів з робочою температурою теплоносія до 280°	з двома газовими котлами на перегрітій воді з робочою температурою води 120°C (2x1453 кВт) для технологічного теплопостачання споживачів з робочою температурою теплоносія до 130°C
4	Децентралізована система теплозабезпеченням	
	З індивідуальними електронагрівачами з ВОТ для технологічного теплопостачання споживачів з робочою температурою теплоносія до 280°	з двома газовими котлами на перегрітій воді з робочою температурою води 120°C (2x1453 кВт) для технологічного теплопостачання споживачів з робочою температурою теплоносія до 130°C

Варіанти забезпечення технологічних систем холодоспоживання

№ варіанта	Найменування системи			
	Теплоносієм оборотна вода з температурою не більше (+30°C) (268,8кВт)	Теплоносієм охолоджена вода з температурою не більше (+10°C) (101,7кВт)	Теплоносієм водно-гліколева суміш з температурою не більше (-10°C) (69,5кВт)	Теплоносієм водно-гліколева суміш з температурою не більше (-20°C) (13кВт)
1	Холодильна станція з централізованою системою холодопостачання 2х600 кВт і зрошувальна вентиляторна градирня 2х200 кВт			
2	Суша градирня (драй куллер) 2х250кВт	Водо-охолоджувальна машина (чіллер) 2х70кВт	Рідинно-охолоджувальна машина (чіллер) 2х50кВт	Рідинно-охолоджувальна машина (чіллер) 2х10кВт
3	Суша градирня (драй куллер) 2х250кВт	Водо-охолоджувальна машина (чіллер) 2х70кВт	Рідинно-охолоджувальна машина (чіллер) 1х20кВт 1х 45кВт 1х25кВт 1х2кВт	Рідинно-охолоджувальна машина (чіллер) 1х20кВт

2.3. Розрахунок пікового і річного теплового споживання системи опалення і тепловентиляції

Максимальна годинна витрата тепла на опалення визначається за такою формулою:

$$Q_{от}^{час} = q_o * k_c * V_n * (t_{в} - t_{н.о}), \text{ кВт},$$

де q_o - середні питомі опалювальні характеристики будівель, кВт/м³ * °C; k_c - поправочний коефіцієнт, що враховує залежність витрати тепла від типу системи опалення (для пароповітряного або повітряного опалення $k_c = 1,07$; для водяного із місцевими нагрівальними приладами $k_c = 1,15$; для парового низького тиску по закритій системі $k_c = 1,33$); V_n - об'єм будівлі за зовнішнім обміром, м³; $t_{в}$ - середня температура повітря у будівлі, °C;

Результати розрахунків заносимо нижче в таблицю 2.4.

Розрахунок теплової потужності системи опалення та тепловентиляції

№ п/п	Категорія приміщення	Площа, м ²	Висота, м	Об'єм, м ³	Температура в приміщенні, °С	Питома теплова характеристика приміщення, Вт/(м ³ ·°С)		Навантаження системи опалення, кВт	
						Опалення	Вентиляція	Опалення	Вентиляція
1	Виробниче D	100	3	300	24	0,47	1,165	6,34	15,71
2	Виробниче L	2108	9	18972	24	0,35	1,05	298,41	895,23
3	Виробниче M	234	3	702	26	0,64	0	21,18	0,00
4	Складське 8- 15 °С	30	4,5	135	15	0,6	0	2,98	0,00
5	Складське 25 °С	150	4,5	675	25	0,6	0	18,63	0,00
6	Складське	468	9	4212	28,2	0,6	0,1	116,25	18,03
7	Адміністративно-побутове	766	4,5	3447	25	0,45	0	74,92	0,00

2.4. Розрахунок пікового і річного теплового споживання системи ГВП

Розрахунок регламентується нормативним ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування» [4]. Методика розрахунків витрат гарячої води (максимального секундного, максимального годинного та середнього годинного) та теплових потоків (теплової потужності) протягом години при середньому та при максимальному водоспоживанні ґрунтується на розрахунку відповідних витрат через водорозбірні прилади та визначенні ймовірності їх одночасного використання.

Вихідні дані:

Витрата гарячої води на душові:

$$q_{д_год} := 270 \cdot \frac{\text{л}}{\text{год}}$$

Кількість душових сіток:

$$N_{д_с} := 15$$

Витрата гарячої води на миття рук:

$$q_{м_р_год} := 80 \cdot \frac{\text{л}}{\text{год}}$$

Кількість кранів:

$$N_{кр} := 25$$

Кількість людей на зміні:

$$U := 30$$

Загальна кількість приладів:

$$N := N_{д_с} + N_{кр} \quad N = 40$$

Секундна витрата води

$$q_0 := 0,3 \cdot \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

1. Визначимо ймовірність дії приладу:

$$P_1 := \frac{q_{д_год} \cdot U}{q_0 \cdot N_{д_с}} \quad P_1 = 0,5$$

$$P_2 := \frac{q_{м_р_год} \cdot U}{q_0 \cdot N_{кр}} \quad P_2 = 0,089$$

2. Визначимо ймовірність використання санітарно-технічних приладів різного призначення (можливість подачі приладом нормованої годинної витрати води) протягом розрахункової години:

$$P_{\text{заг}} := \frac{P_1 \cdot N_{\text{д_с}} + P_2 \cdot N_{\text{кр}}}{N_{\text{д_с}} + N_{\text{кр}}} \quad P_{\text{заг}} = 0.243$$

3. Визначаємо годинну витрату води санітарно-технічним приладом при різних споживачах:

$$q_{0_год} := \frac{N_{\text{д_с}} \cdot P_1 \cdot q_{\text{д_год}} + N_{\text{кр}} \cdot P_2 \cdot q_{\text{м_р_год}}}{N_{\text{д_с}} \cdot P_1 + N_{\text{кр}} \cdot P_2}$$

$$q_{0_год} = 0.063 \cdot \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

4. Визначаємо можливість використання санітарно-технічних приладів для системи в цілому:

$$P_{\text{год}} := \frac{N_{\text{д_с}} \cdot P_1 \cdot q_{0_год} + N_{\text{кр}} \cdot P_2 \cdot q_{\text{м_р_год}}}{N_{\text{д_с}} \cdot q_{0_год} + N_{\text{кр}} \cdot q_{\text{м_р_год}}}$$

$$P_{\text{год}} = 0.348$$

$$P_{\text{год}} = 0.348 \quad \text{та} \quad N = 40$$

приймаємо $\alpha_{\text{год}} = 4.38$

Так як $P_{\text{год}} > 0.1$ застосовуємо далі Таблицю 1 Додатку 4 (ДБН В.2.5-64:2012) [4] по якій визначаємо, при:

5. Визначаємо максимально тимчасову витрату гарячої води:

$$q_{\text{год}} := 5 \cdot q_{0_год} \cdot \alpha_{\text{год}} \quad q_{\text{год}} = 4.962 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Температура холодної води у мережі водопроводу:

$$t_{\text{х}} := 5 \cdot ^\circ\text{C}$$

Теплові втрати приймаємо 5% від розрахункового навантаження:

$$Q_{\text{п}} := 1.05$$

6. Визначаємо максимальне теплове навантаження ГВП (потужність теплового потоку протягом години максимального розбору гарячої води):

$$Q_{\text{год}} := \rho \cdot c \cdot q_{\text{год}} \cdot (55 \cdot ^\circ\text{C} - t_{\text{х}}) \cdot Q_{\text{п}}$$

$$Q_{\text{год}} = 303.194 \cdot \text{кВт}$$

2.5. Розрахунок загального річного теплового споживання

Таблиця 2.5

Розрахунок річного споживання тепла системами опалення, тепловентиляції і ГВП

№ п/п	Приміщення	Опалення і тепловентиляція, ГДж/рік	ГВП			Всього
			ГВП літнє	ГВП зимове	Річне	
1	Основний виробничий корпус	21669,84	427,05	625,03	1052,08	22721,92
2	Адміністративний корпус	1314,92	-	-	-	1314,92
3	Складські приміщення	2401,92	-	-	-	2401,92
Всього		25386,68	427,05	625,03	1052,08	26438,76

В базовом1 (1 варіанті) річне теплоспоживання складає 26438,76 ГДж/рік, а в решті варіантах - $26438,76 - 427,05 = 26011,71$ ГДж/рік.

Це обґрунтовується тим, що навантаження системи ГВП в період, що не опалюється, забезпечується рекуперацією тепла холодильних машин.

2.6. Варіанти рішення по теплопостачанню опалювальних систем

Таблиця 2.6

Варіанти генерації тепла для забезпечення теплоспоживання систем опалення і ГВП

№ варіанту	Найменування споживачів			
	Теплоспоживання системи ГВП з температурою не менше 65°C (303кВт)	Теплоспоживання системи опалення (вода з температурою не менше 90°C)		
		основного виробничого корпусу (1236кВт)	складські приміщення (137кВт)	адміністративного корпусу (75кВт)
1	Парова котельня з централізованим теплозабезпеченням			
2	Водогрійна котельня з централізованим теплозабезпеченням з двома газовими котлами з робочою температурою води 90°C (2x1600кВт)			
3	Децентралізована система теплозабезпечення Водогрійні котельні з двома газовими котлами з робочою температурою води 90°C			
	2x1250 кВт		2x150 кВт	2x75 кВт

2.7. Розрахунок річного холодноспоживання систем кондиціонування

Таблиця 2.7

Розрахунок річного холодноспоживання систем кондиціонування

№ п/п	Приміщення	Кількість холоду, ГДж/год
1	Основний виробничий корпус	4747,67
2	Адміністративний корпус	-
3	Складське приміщення	471,86
Всього		5219,53

2.8. Варіанти рішення по холодопостачанню систем кондиціонування

Таблиця 2.8

Варіанти рішень по холодопостачанню систем кондиціонування

№ варіант у	Найменування споживачів	
	Холодоспоживання системи кондиціонування	
	Теплоносії охолоджена вода з температурою (+6°C)	
	основного виробничого корпусу (525,92кВт)	складських приміщень (52,27кВт)
1	Холодильна станція з централізованою системою холодопостачання 2х600 кВт и орошувальна вентиляторна градирня 2х200 кВт	
2	Водо-охолоджувальна машина (чіллер) з рекуперацією тепла 2х460кВт	Двоконтурна холодильна машина 2х35кВт

3. АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ СХЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І ХОЛОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Опис варіантів технічних рішень по реалізації теплопостачання

Варіант 1 – централізована парова котельня з 2-ма паровими котлами єдиної паропродуктивністю по 6 т пари на годину для забезпечення теплом технологічних споживачів, систем утеплення, тепловентиляції та ГВП по всій площадці.

Пар виробляється в парових котлах середнього тиску шляхом нагрівання та випаровування спеціально підготовленої води (демінералізована та деаерована вода відповідно до вимог водно-хімічного режиму роботи котлів) та надходить до технологічних споживачів (в основному теплові сорочки реакторів та перегонні куби), до теплообмінників пар-вода систем опалення та ГВП, а також на власні потреби котельні (опалення, термічна деаерація). Нагрів у пароводяних теплообмінниках (парових сорочках) здійснюється за рахунок прихованої теплоти конденсації водяної насиченої пари. Конденсат, що утворився в результаті (при дотриманні умови його чистоти), відводиться системою конденсатовідвідників і по конденсатопроводах збирається в конденсатний бак і, змішуючись з поживною водою в деаeratorі, подається назад в котел.

Для забезпечення високотемпературних технологічних споживачів, для яких використання насиченої водяної пари є недоцільним через високий тиск насиченої пари при потрібній робочій температурі, використовуються електронагрівачі з високотемпературним органічним теплоносієм.

Варіант 2 – централізована опалювально-технологічна котельня з 2-ма котлами по 1453 кВт з ВОТ (зі спеціальним теплоносієм температурою 280°C в магістралі, що подає) для забезпечення теплом технологічних споживачів і 2-ма низькотемпературними водогрійними котлами по 1600 кВт для забезпечення системи опалення, тепловентиляції по всьому майданчику.

У термомасляних високотемпературних котлах теплоносії нагрівається до 280°C подається безпосередньо до технологічних споживачів, яким

необхідний нагрів до високих температур. До середньо- та низькотемпературних технологічних споживачів передача тепла здійснюється через проміжний теплоносій (перегріта вода температурою 130°C), яка нагрівається в теплообміннику масло-вода.

У низькотемпературних водогрійних котлах теплоносій (підготовлена вода) нагрівається до температури 95°C в магістралі, що подає, або, при використанні автоматики погодного регулювання, до меншої температури в залежності від температури навколишнього повітря.

Варіант реалізації схеми технологічного теплопостачання відображено в Додатку 1

Варіант 3 – централізована опалювально-технологічна котельня з 2-ма котлами по 232 кВт з ВОТ (зі спеціальним масляним теплоносієм і температурою в магістралі, що подає до 280°C) для забезпечення теплом високотемпературних технологічних споживачів; 2-ма високотемпературними водогрійними котлами по 1453 кВт для забезпечення теплом середньо- та низькотемпературних технологічних споживачів; Двома низькотемпературними водогрійними котлами по 1600 кВт для забезпечення системи опалення, тепловентиляції та ГВП по всьому майданчику. У термомасляних високотемпературних котлах теплоносій нагрівається до 280°C подається безпосередньо до технологічних споживачів, котрим необхідний нагрівання до високих температур. До середньо- та низькотемпературних технологічних споживачів передача тепла здійснюється перегрітою водою (температурою до 130°C), яка нагрівається у водогрійному котлі. У низькотемпературних водогрійних котлах теплоносій (підготовлена вода) нагрівається до температури 95°C в магістралі, що подає, або, при використанні автоматики погодного регулювання, до меншої температури в залежності від температури навколишнього повітря.

Варіант реалізації схеми технологічного теплопостачання відображено в Додатку 2

Варіант 4 – децентралізована система технологічного теплопостачання ВОР з кількома локальними електричними нагрівачами та однією опалювально-технологічною котельнею, прибудованою до виробничого корпусу, з двома високотемпературними водогрійними котлами по 1453 кВт для забезпечення теплом середньо- та низькотемпературних технологічних споживачів; Двома низькотемпературними водогрійними котлами по 1600 кВт для забезпечення системи опалення, тепловентиляції та ГВП по всьому майданчику.

Для забезпечення високотемпературних технологічних споживачів використовують електронагрівачі з високотемпературним органічним теплоносієм. До середньо- та низькотемпературних технологічних споживачів передача тепла здійснюється перегрітою водою (температурою до 130°C), яка нагрівається у водогрійному котлі.

У низькотемпературних водогрійних котлах теплоносії (підготовлена вода) нагрівається до температури 95°C в магістралі, що подає, або, при використанні автоматики погодного регулювання, до меншої температури в залежності від температури навколишнього повітря.

Варіант реалізації схеми технологічного теплопостачання відображено в Додатку 2

Для Варіантів 2-4 можна реалізувати схему теплозабезпечення систем опалення, тепловентиляції та ГВП шляхом децентралізації з розміщенням кількох водогрійних котелень, як це запропоновано в розділі 2.4 (3 варіант). При цьому величина капітальних витрат буде збільшена на 40% і складатиме для Варіанту 4 – 7989200 грн.

3.2. Опис варіантів технічних рішень по реалізації холодопостачання

Варіант 1 – централізована холодильна станція з 2х600 кВт охолоджувачами рідкого теплоносія (водно-гліколева суміш з температурою в трубопроводі, що подає -10°C) для забезпечення холодом середньотемпературних технологічних споживачів та установок кондиціонування повітря основного виробничого корпусу; одним

охолоджувачем рідкого теплоносія (водно-гліколева суміш з температурою в трубопроводі, що подає -20°C) потужністю 20 кВт для забезпечення холодом низькотемпературних технологічних споживачів; Двома зрошувальними вентиляторними градирнями по 200 кВт для забезпечення холодом високотемпературних технологічних споживачів.

Охолодження теплоносія відбувається у машинах для охолодження рідини (чілерах) за рахунок випаровування холодоагенту (напр. фреон R407C) з подальшим здійсненням парокомпресійного циклу холодильного одноступеневого стиснення. Охолодження теплоносій надходить до середньо- та низькотемпературних технологічних споживачів (в основному теплові сорочки реакторів-кристалізаторів з необхідними температурами ($-5\div 15^{\circ}\text{C}$)), до теплообмінників гліколь-вода систем середньотемпературних технологічних споживачів (з необхідними температурами $15\div 25^{\circ}\text{C}$) та установок кондиціонування повітря. Охолодження оборотної води у градирні здійснюється за рахунок навколишнього повітря.

Варіант 2 – централізована холодильна станція з 2x50 кВт охолоджувачами рідкого теплоносія (водно-гліколева суміш з температурою в трубопроводі, що подає -10°C) для забезпечення холодом низькотемпературних технологічних споживачів; 2x70 кВт охолоджувачами рідкого теплоносія (вода суміш з температурою в трубопроводі, що подає 10°C) для забезпечення холодом середньотемпературних технологічних споживачів; 2x460 кВт охолоджувачами рідкого теплоносія (вода з температурою в трубопроводі, що подає 6°C) для забезпечення холодом установок кондиціонування повітря і рекуператорами тепла для забезпечення гарячою водою основного виробничого корпусу в період, що не опалюється; одним охолоджувачем рідкого теплоносія (водно-гліколева суміш з температурою в трубопроводі, що подає -20°C) потужністю 20 кВт для забезпечення холодом низькотемпературних технологічних споживачів; 1x500 кВт сухою градирнею (Dry-cooler) для забезпечення холодом високотемпературних технологічних споживачів, а також забезпеченням холодом середньо- та високотемпературних технологічних споживачів у холодну пору року.

Охолодження теплоносія у чілерах відбувається аналогічно попередньому варіанту.

Охолодження циркулюючого теплоносія (водно-гліколева суміш) у сухій градирні здійснюється за рахунок навколишнього повітря.

Варіант 3 – централізована холодильна станція з 2х70 кВт охолоджувачами рідкого теплоносія (водно-гліколева суміш з температурою в трубопроводі, що подає 10°C) для забезпечення холодом середньотемпературних технологічних споживачів; 2х460 кВт охолоджувачами рідкого теплоносія (вода з температурою в трубопроводі, що подає 6°C) для забезпечення холодом установок кондиціонування повітря та рекуператорами тепла для забезпечення гарячою водою основного виробничого корпусу в не опалювальний період; 1х500 кВт суха градирня (Dry-cooler) забезпечення холодом високотемпературних технологічних споживачів, а також забезпеченням холодом середньо- та високотемпературних технологічних споживачів у холодний період року.

Також передбачаються децентралізовані установки розташовані безпосередньої близькості від конкретної технологічної ділянки (відділення, приміщення) оснащені: охолоджувачем рідкого теплоносія (водно-гліколева суміш з температурою в трубопроводі, що подає -20°C) потужністю 20 кВт для забезпечення холодом низькотемпературних технологічних споживачів; охолоджувачем рідкого теплоносія (водно-гліколева суміш з температурою в трубопроводі, що подає -10°C) потужністю 20 кВт для забезпечення холодом низькотемпературних технологічних споживачів; охолоджувачем рідкого теплоносія (водно-гліколева суміш з температурою в трубопроводі, що подає -10°C) потужністю 45 кВт задля забезпечення холодом низькотемпературних технологічних споживачів; охолоджувачем рідкого теплоносія (водно-гліколева суміш з температурою в трубопроводі, що подає -10°C) потужністю 25 кВт для забезпечення холодом низькотемпературних технологічних споживачів; охолоджувачем рідкого теплоносія (водно-гліколева суміш з температурою в трубопроводі, що подає -10°C) потужністю 2 кВт для забезпечення холодом низькотемпературних технологічних споживачів;

Охолодження теплоносія у чілерах відбувається аналогічно попередньому варіанту.

Охолодження циркулюючого теплоносія (водно-гліколева суміш) у сухій градирні здійснюється за рахунок навколишнього повітря.

3.3. Розрахунок техніко-економічних показників системи тепlopостачання

Вихідними даними є:

- пікові технологічні теплові потужності (навантаження);
- пікові та робочі теплові навантаження на опалення та вентиляцію;
- величини обов'язкового резервування теплових потужностей;
- діючі для виробничого майданчика ціни на енергоносії, що використовуються.

Враховуючи різні схеми теплозабезпечення технологічних процесів, ефективність яких порівнюється в даному розділі, для вибору технологічних котлів при техніко-економічному розрахунку прийнято такі теплові потужності (навантаження):

- централізоване технологічне теплозабезпечення – два газові котли з високотемпературним органічним теплоносієм (ВОТ) з робочою температурою олії 280°C, одиничною тепловою потужністю 1453 кВт;
- централізоване технологічне теплозабезпечення – два газові котли з ВОТ з робочою температурою масла 280°C, одиничною тепловою потужністю 232 кВт та два газові котли на перегріву воду з робочою температурою води 130°C одиничною тепловою потужністю 1453 кВт;
- децентралізоване технологічне теплозабезпечення – два газові котли на перегріву воду одиничною тепловою потужністю 1453 кВт і два локальні електронагрівачі з ВОТ з робочою температурою масла 180°C та 280°C, одиничною тепловою потужністю 240 кВт.

Таблица 3.1

№ п/п	Найменування	Позначення	Единиця	Варіанти систем теплопостачання										
				1 варіант ПК с ЦСТО			2 варіант ТМК с ЦСТО		3 варіант КК с ЦСТО		ОВ н ГВС	4 варіант ДСТО		ОВ н ГВС
				ТТ 254,9кВт	ТТ 1349,9 кВт	ОВ н ГВС 1751 кВт	ТТ 254,9кВт	ТТ 1349,9 кВт	ОВ н ГВС 1751 кВт	ТТ 254,9кВт	ТТ 1349,9 кВт	ОВ н ГВС 1751 кВт	ТТ 254,9кВт	ТТ 1349,9 кВт
1	Максимальна пікова потужність технолог. теплопостачання	Q _{мп}	кВт	254,9	1349,9		1515		254,9	1349,9		254,9	1349,9	
2	Втрати тепла у зовнішніх теплових мережах 3 - 5%	Q _{птт} =(0.03-0.05)*Q _{мп}	кВт	0	67,50		75,75		12,75	67,50		0		0
3	Потужність технолог. теплогенераторів для відпуску тепла в мережі	Q _{огт} =Q _{мп} +Q _{птт}	кВт	254,9	1417,40		1590,75		267,65	1417,40		254,9	1349,9	
4	Власні потреби системи генерації тепла (Коефіцієнт втрат у котельні)	K _{пот}	-	1	1,17	1,17	1,04	1,04	1,04	1,03	1	1,04	1,03	1,03
5	Потужність технолог. теплогенераторів з урахуванням втрат у котельні	Q _{огт} вики=K _{пот} *Q _{огт}	кВт	254,9	1658,35		1654,38		278,3508	1474,09		254,9	1403,90	
6	ККД трансформаторів тепла	K _{ПД} тт	-	1	0,99		1	0,96	1	1	1	1	1	1
7	Потужність технолог. теплогенераторів з урахуванням ККД тт	Q _{огт} вики тт=Q _{огт} вики/K _{ПД} тт	кВт	254,90	1675,10		180,29	1535,51	278,35	1474,0908		254,9	1403,896	
8	10% резервування теплової потужності	Q _{рез} тт	кВт	178,43	1172,57			1201,06		194,85	1031,86	178,43	982,73	
9	Максимальна пікова потужність на ОВ та ГВП	Q _{мп} ов	кВт			1751,0			1751,0		1751,0			1751,0
10	Втрати тепла у зовнішніх теплових мережах 3 – 5%	Q _{птт} =(0.03-0.05)*Q _{мп}	кВт			87,55			52,53		52,53	0		52,53
11	Потужність теплогенераторів ВВ та ГВП з урахуванням втрат у котельні та в теплових мережах	Q _{огт} ов=K _{пот} *Q _{ов} ов	кВт		2151,10			1875,67		1857,64		1803,53	1857,64	
12	ККД трансформаторів тепла	K _{ПД} тов	-		0,96			1		1			1	
13	Потужність теплогенераторів ОВ з урахуванням ККД тов	Q _{огт} ов тт=Q _{огт} ов/K _{ПД} тов	кВт		2240,73			1875,67		1857,64			1857,64	
14	70% резервування теплової потужності	Q _{рез} ов	кВт		1568,51			1312,97		1300,35			1300,35	
15	Встановлена потужність теплогенераторів	Q _м ов	кВт	480	7661,39	2906	3200	464	2906	3200	480	2906	3200	480
16	Власні потреби теплогенераторів	Q _{мп} ов=Q _м ов+Q _{птт} ов	кВт	46,67	1004,46	-10,86	11,36	-9,20	400,05	11,36	46,67	519,38	42,02	42,02
17	ККД генераторів тепла	K _{ПД} тт	-	0,96	0,92	0,92	0,93	0,88	0,9	0,93	0,96	0,9	0,93	0,93
18	Річне споживання тепла	Q _{теп} год	ГДж/год	204,70	3831,50	26438,76	204,70	3831,50	26011,71	204,70	3831,50	26011,71	204,70	3831,50
19	Питома теплота згоряння палива	Q _{гр} газ	кДж/м³											
20	Кількість споживаного газу за рік	G _г	тис м³/рік	0	153,22	1090,30	7,53	144,04	888,27	7,53	135,20	888,27	0	135,20
21	Встановлена електрична потужність	P	кВт	488	40		35		14	11,2	488	26		26
КАПИТАЛЬНІ ЗАТРАТИ														
22	Вартість укомплектованих котельень	K _к	грн			-		-		-		-		-
23	Вартість тепломереж	K _{тс}	грн	0		-		-		-		-		-
24	Вартість додаткового ВОТ у підвідних мережах	K _{тн}	грн	0	0	0		-	0	0	0	0	0	0
25	Сумарні капітальні витрати	K _{сум} =K _к +K _{тс} +K _{тн}	грн			-		-		-		-		-
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ЗАТРАТИ														
26	Амортизаційні витрати (термін повної амортизації котельного обладнання 15 років)	A	грн/рік			-		-		-		-		-
27	Річні витрати на ремонт	Стр=0,2*A	грн/рік			-								
28	Кількість споживаної електроенергії	W _{ое}	кВт*год/рік	92061	228600		246400	40040	54208	148720	40040	92061	148720	40040
29	Ціна 1 тис. м³	Ц _г	грн/тис м³					25000						
30	Ціна 1 кВт*год	Ц _е	грн/кВт*год					5,5						
31	Вартість спожитого газу	C _г =G _г *Ц _г	грн/рік	-	3 830 461	27 257 580	188 273	3 600 938	22 206 833	188 273	3 380 080	#####	-	3 380 080
32	Вартість спожитої електроенергії	C _е =W _{ое} *Ц _е	грн/рік	506 336		1 258 400		1 355 200	220 220	298 144	817 960	220 220	506 336	817 960
33	Усього експлуатаційних витрат, без урахування спожитої та скінutoї у каналізацію води, без урахування зарплатної плати та планового ремонту	Э=1,03*(C _г +C _е +Стр+A)	грн/рік			33 838 360			28 398 607		27 924 855			27 945 372
34	Собівартість 1 ГДж тепла (з урахуванням експлуатаційних та амортизаційних витрат)	C=Э/Q _{теп} год	грн/ГДж			1 110,37			945,11		929,34			930,03
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗАТЕЛІ														
35	Питома витрата газу на виробництво тепла	b _г =G _г /Q _{теп} год	м³/ГДж		40,80			34,61			34,31			34,06
36	Питома витрата електроенергії	b _е =W _{ое} /Q _{теп} год	кВт год/ГДж		10,53			9,53			8,09			9,35
ФІНАНСОВІ ПОКАЗНИКИ														
37	Економія грошей у порівнянні з базовим варіантом (на час повної амортизації обладнання)	E	грн		0,00			81 596 294			88 702 575			88 394 824
38	Простий срок окупаемости	To	рік		-			0,00			0,00			0,00
ТТ - технологічне теплопостачання; ЦСТО - централізована система теплозабезпечення; ДСТО – децентралізована система теплозабезпечення; ОВ - опалення/вентиляція; ГВП – гаряче водопостачання; ПК – парова котельня; ТМК – термомасляна котельня; КК – комбінована котельня														

3.4. Розрахунок техніко-економічних показників системи холодопостачання

Таблиця 3.2

№ п/п	Наименования	Обозначение	Единицы	Варианты систем холодоснабжения														
				1 вариант холодильная станция с ЦСХС и ОВГ		2 вариант холодильная станция с ЦСХС и СГ					3 вариант холодильная станция с ЦСХС и СГ							
				ТХ+К 233,4+525,92 кВт	ТХ 268,8 кВт	ТХ(-20°C) 13кВт	ТХ(-10°C) 69,5 кВт	ТХ(+10°C) 101,7кВт	ТХ (+30°C) 268,8 кВт	К 525,9 кВт	ТХ(-20°C) 13кВт	ТХ(-10°C) 69,5 кВт				ТХ(+10°C) 101,7кВт	ТХ (+30°C) 268,8 кВт	К 525,9 кВт
1	Максимально пиковая мощность теплопотребления	Qмп	кВт	759,32	268,8	13	69	101,7	268,8	525,9	13	16,5	32	19,5	1,5	101,7	268,8	525,9
2	КПД трансформатора тепла	КПД тт	-	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	1	0,96	0,96	0,96
3	Мощность холодогенераторов с учетом КПДтт	Qмп_тт=Qмп/КПД тт	кВт	790,96	280	13,54	71,88	105,94	280,00	547,81	13,54	17,19	33,33	20,31	1,50	105,94	280,00	547,81
4	30% резервирование тепловой мощности	Qрез	кВт	237,29	84,00	4,06	21,56	31,78	84,00	164,34	4,06	5,16	10,00	6,09	0,45	31,78	84,00	164,34
5	Установленная мощность холодогенераторов	Qмуст	кВт	1200	400	20	100	140	500	920	20	20	45	25	2	140	500	920
6	Запас мощности холодогенераторов	Qзап=Qмуст-(Qмп+Qрез)	кВт	171,75	36,00	2,40	6,56	2,28	136,00	207,84	2,40	-2,34	1,67	-1,41	0,05	2,28	136,00	207,84
7	Годовое потребление холода	Qтех год	ГДж/год	5470,50	556,80	6,70	152,10	73,80	581,40	5520,00	6,70	95,30	3,60	6,50	0,10	73,80	581,40	5520,00
8	Удельный расход электроэнергии на производство холода	qэ	кВт*час/МДж	0,241	0,009	0,282	0,241	0,102	0,009	0,102	0,282	0,241	0,241	0,241	0,241	0,102	0,009	0,102
9	Количество потребляемой электроэнергии	Wэе	кВт*час/год	1319484,6	5011,2	1889,4	36686,52	7527,6	5232,6	565755,84	1889,4	22986,4	868,32	1567,8	24,12	7527,6	5232,6	565755,84
10	Цена 1 кВт*час	Цэе	грн/кВт*час	5,5														
11	Годовые затраты на обеспечении технологических потребностей в холоде	Сэе	тыс. грн/год	7257,17	27,56	10,39	201,78	41,40	28,78	3111,66	10,39	126,42	4,78	8,62	0,13	41,40	28,78	3111,66
12	Общие годовые затраты	Сэе_о	тыс. грн/год	7284,73		3394,01					3332,19							
КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ																		
13	Затраты на строительство системы генерации холода	Коб	тыс. грн	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Суммарные капзатраты	Ксум	тыс. грн	0		0					0							
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ																		
15	Амортизационные затраты (срок полной амортизации котельного оборудования 15 лет)	А	тыс. грн/год	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Годовые затраты на текущий ремонт	Стр=0,2*А	тыс грн/год	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Всего эксплуатационных расходов, без учета потребленной и сброшенной в канализацию воды, без учета заработной платы и плановой прибыли	Э=1,03*(Сэе_о+Стр+А)	тыс грн/год	7474,88	28,39	10,70	207,83	42,64	29,64	3205,01	10,70	130,22	4,92	8,88	0,14	42,64	29,64	3205,01
18	Общие годовые затраты	Эо	тыс грн/год	7503,27		3495,83					3432,15							
19	Себестоимость 1 ГДж холода(с учетом эксплуатационных и амортизационных затрат)	С=Э/Qтех год	грн/ГДж	1366,40	50,99	1597,53	1366,40	577,83	50,99	580,62	1597,53	1366,40	1366,40	1366,40	1366,40	577,83	50,99	580,62
20	Общая себестоимость 1 ГДж холода	Со=Эо/Qтех год	грн/ГДж	1244,88		551,91					545,88							
ФИНАНСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ																		
21	Экономия денег в сравнении с базовым вариантом (за время полной амортизации оборудования)	Е	тыс грн	0,00		60111,64					61066,75							
22	Простой срок окупаемости	То	лет	-		0,00					0,00							

ТХ - технологическое холодоснабжение;
 ЦСХС - централизованная система холодоснабжения;
 ОВГ - оросительная вентиляционная градирня;
 К – кондиционирование;

3.5. Переваги і недоліки запропонованих систем теплопостачання

Таблиця 3.3

1 Варіант

Переваги	Недоліки
1) компонування основного обладнання обсягом приміщення котельної; 2) відносно менший діаметр парових та конденсатних трубопроводів за рахунок більшої енергоємності теплоносія; 3) велика гідравлічна стійкість розгалуженої мережі паропроводів; 4) рух пари паропроводами відбувається без механічного спонукання (насосів), за рахунок різниці тисків.	1) складність та багатокомпонентність системи парової котельні з комплексом обов'язкового допоміжного обладнання; 2) значне споживання теплової енергії на власні потреби; 3) значні втрати теплової енергії під час транспортування пари; 4) складна багатокомпонентна система збору та повернення конденсату; 5) втрати тепла пов'язані з не поверненням конденсату, поверненням перегрітого конденсату (втрати з випаром), продуванням; 6) передача теплової енергії через трансформатор тепла (теплообмінник) із втратами через його термодинамічний недосконалість (ККД); 7) значні капітальні вкладення при будівництві котельні та експлуатаційні витрати при подальшій роботі (прямі експлуатаційні та амортизаційні витрати); 8) використання дорогої електроенергії задля забезпечення високотемпературних технологічних споживачів.

2 Варіант

Переваги	Недоліки
1) компонування основного обладнання обсягом приміщення котельної; 2) менша кількість обладнання (основного та допоміжного) для забезпечення працездатності; 3) котли з ВОТ можуть забезпечити необхідні температури без високих тисків, з високою точністю в широкому діапазоні температур; 4) велика надійність системи, яка обумовлена безвідмовністю (безперервним збереженням працездатності), порівняльною довговічністю, керованістю та безпекою експлуатації; 5) кращі гігієнічні та акустичні показники; 6) порівняно менші капітальні витрати на котельню; 7) більш високий ефективний коефіцієнт використання палива (ККД котельні); 8) порівняно менші витрати на амортизацію за рахунок тривалішого амортизаційного періоду; порівняно менші щорічні експлуатаційні витрати.	1) використання великої кількості дорогого СОТ; 2) прокладання теплових мереж на майданчику; 3) зниження ККД роботи технологічної котельні при значному зменшенні технологічного навантаження; 4) передача теплової енергії через трансформатор тепла (теплообмінник) із втратами через його термодинамічний недосконалість (ККД); 5) значні одноразові інвестиції під час будівництва опалувально-технологічної котельні.

3 Варіант

Переваги	Недоліки
1) компонування основного обладнання обсягом приміщення котельної; 2) котли з ВОТ можуть забезпечити необхідні технологією температури без високих тисків, з високою точністю в широкому діапазоні температур; 3) скорочення обсягу дорогого масляного теплоносія; 4) велика надійність системи, яка обумовлена безвідмовністю (безперервним збереженням працездатності), порівняльною довговічністю, керованістю та безпекою експлуатації; 5) кращі гігієнічні та акустичні показники; 6) порівняно менші капітальні витрати на котельню; 7) вищий ефективний коефіцієнт використання палива (ККД котельні); 8) порівняно менші витрати на амортизацію за рахунок тривалішого амортизаційного періоду; 9) порівняно менші щорічні експлуатаційні витрати.	1) порівняльне збільшення кількості одиниць енергетичного обладнання; 2) прокладання теплових мереж на майданчику; 3) значні одноразові інвестиції під час будівництва опалювально-технологічної котельні.

4 Варіант

Переваги	Недоліки
1) скорочення обсягу дорогого масляного теплоносія; 2) велика надійність системи, яка обумовлена безвідмовністю (безперервним збереженням працездатності), порівняльною довговічністю, керованістю та безпекою експлуатації; 3) кращі гігієнічні та акустичні показники; 4) вищий ефективний коефіцієнт використання палива (ККД котельні); 5) порівняно менші витрати на амортизацію за рахунок тривалішого амортизаційного періоду; 6) порівняно менші щорічні експлуатаційні витрати	1) використання дорогої електроенергії задля забезпечення високотемпературних технологічних споживачів; 2) порівняльне збільшення кількості одиниць енергетичного обладнання; 3) прокладання теплових мереж на майданчику; 4) значні одноразові інвестиції під час будівництва опалювально-технологічної котельні.

При реалізації децентралізованої системи теплозабезпечення систем ВВ, ГВП для варіанта 2-4 нижче наводяться такі переваги та недоліки.

Таблиця 3.7

Переваги	Недоліки
1) можливість поступового інвестування коштів залежно від введення потужностей (будівель) в експлуатацію;	1) порівняльне збільшення кількості одиниць енергетичного обладнання; 2) збільшення кількості котелень на майданчику; 3) порівняно великі капітальні витрати на будівництво та комплектацію більшої кількості котелень

3.6. Переваги і недоліки запропонованих систем холодопостачання

Таблиця 3.8

1 Варіант

Переваги	Недоліки
1) компонування основного обладнання обсягом приміщення холодильної станції; 2) відносно мала кількість одиниць устаткування, що встановлюється; 3) порівняно менша вартість відкритої системи охолодження оборотної води порівняно із закритими	1) значне питоме споживання електроенергії на виробництво холоду у зв'язку з нижчою температурою кипіння; 2) неоптимальна робота холодильних машин при коливаннях та значному зниженні технологічних навантажень; 3) розгалужена мережа теплоносія і, як наслідок, значні втрати при транспортуванні та низька гідравлічна стійкість системи; 4) складність в експлуатації системи охолодження оборотної води в холодну пору року пов'язана з ризиком обмерзання насадок градирень; 5) втрати та забруднення теплоносія у відкритій системі оборотного водопостачання; 6) передача теплової енергії через трансформатор тепла (теплообмінник) із втратами через його термодинамічний недосконалість (ККД); 7) значні капітальні вкладення при будівництві холодильної станції та експлуатаційні витрати при подальшій роботі (прямі експлуатаційні та амортизаційні витрати).

2 Варіант

Переваги	Недоліки
1) компонування основного обладнання обсягом приміщення холодильної станції; 2) оптимальне питоме споживання електроенергії виробництва холоду у зв'язку з більшою диференціацією споживачів за температурами кипіння; 3) відносно мала кількість одиниць устаткування, що встановлюється; 4) оптимальна робота холодильних машин при значних коливаннях технологічних навантажень; 5) використання теплоти конденсації парів холодоагенту для приготування гарячої води на побутові та технологічні потреби; 6) можливість застосування для охолодження середньо- та низькотемпературних споживачів дешевого атмосферного холоду в холодну пору року 7) простота та автономність експлуатації закритої системи циркуляційної води незалежно від погодних умов.	1) порівняно більша кількість одиниць обладнання, що встановлюється; 2) передача теплової енергії через трансформатор тепла (теплообмінник) із втратами через його термодинамічний недосконалість (ККД); 3) значні капітальні вкладення при будівництві холодильної станції та експлуатаційні витрати при подальшій роботі (прямі експлуатаційні та амортизаційні витрати).

3 Варіант

Переваги	Недоліки
1) оптимальне питоме споживання електроенергії виробництва холоду у зв'язку з більшою диференціацією споживачів за температурами кипіння; 2) оптимальна робота холодильних машин за значних коливань технологічних навантажень, зупинка окремих технологічних ліній; 3) використання теплоти конденсації парів холодоагенту для приготування гарячої води на побутові та технологічні потреби; 4) можливість застосування для охолодження середньотемпературних споживачів атмосферного холоду в холодну пору року; 5) розташування холодильних машин у безпосередній близькості від споживача, що спрощує транспортування холодоносія та зменшує теплопритоки в мережі; 6) простота та автономність експлуатації закритої системи циркуляційної води незалежно від погодних умов.	1) велика кількість одиниць різнотипного обладнання та, як наслідок, значні капітальні та амортизаційні витрати; 2) необхідність виділення місця у виробничому приміщенні чи окремих приміщень для встановлення обладнання; 3) підвищені вимоги до обладнання пов'язані з пожежо-вибухобезпечністю виробничих приміщень; 4) неможливість використання атмосферного холоду задля забезпечення низькотемпературних споживачів.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі оцінено різні Варіанти теплохолодопостачання фармацевтичного підприємства, було визначено оптимальні їх схеми.

Вибір оптимальної схем теплопостачання

Результати аналізу варіантів показали, що найбільші капітальні вкладення відповідають традиційній схемі теплопостачання від однієї центральної парової котельні з використанням пароводяних кожухотрубних теплообмінників для опалення підприємства, а також локальних теплогенераторів з ОТ для технологічного теплопостачання високотемпературних технологій (Варіант 1). Загальні капітальні витрати у цьому випадку становлять близько 99 432 000 грн.

За рахунок заміни парових котлів на теплогенератори з ВОТ та водогрійні котли (високо- та низькотемпературні), за збереження однієї центральної котельні, загальні капітальні витрати на теплопостачання значно скорочуються – до 77 450 896 грн у разі використання теплогенераторів з ВОТ та центральних олійно-водяних теплообмінників (Варіант 2) та до 84 109 156 грн у разі використання теплогенераторів з ОТ і центральних котлів на перегріту воду (Варіант 3).

Найменші капітальні вкладення відповідають (Варіант 4) схемі централізованого теплопостачання з використанням низькотемпературних котлів для опалення різних об'єктів майданчика, а також окремої технологічної водогрійної котельні на перегріту воду, прибудованої до виробничого корпусу та локальними електротеплогенераторами з ОТ для технологічного теплопостачання високотемператур. Загальні капітальні витрати у цьому випадку становлять 74 988 000 грн.

Експлуатаційні витрати для різних схем також показали, що Варіант 1 (центральна парова котельня) має найбільше значення з порівнюваних варіантів – 37 646 328 грн на рік, а Варіант 4 - найменше значення – 30 854 520 грн на рік.

Таким чином, з урахуванням порівняння всіх переваг та недоліків, властивих порівнюваним схемам теплопостачання, можна зробити висновок, що найбільш оптимальним є інвестування в централізовану систему

теплопостачання з організацією опалювальної котельні, обладнаної низькотемпературними водогрійними котлами для систем опалення, та організацією технологічної котельні для перегрітої води та установкою локальних електротеплогенераторів з ВОТ для технологічного теплопостачання високотемпературних технологій.

Цей варіант (Варіант 4) забезпечує найнижчі питомі експлуатаційні показники - витрата газу та електроенергії на виробництво 1 ГДж тепла, відповідно 34,06 м³/ГДж та 9,35 кВт*год/ГДж.

Теплопостачання майданчика за рекомендованою схемою (Варіант 4) дозволить заощадити близько 126 321 112 грн за весь термін повної амортизації основних засобів котельні (15 років) порівняно з базовою схемою парової котельні (Варіант 1).

Простий термін окупності, що є загальноприйнятим показником ефективності інвестицій, розрахований за базовою методикою:

$$T_o = K_{\text{сум}} / (\dot{E}_{\text{базові}} - \dot{E}_{\text{порівняльні}})$$

де $K_{\text{сум}}$ – сумарні капітальні затрати на реконструкцію площадки; $\dot{E}_{\text{базові}}$ - повні експлуатаційні затрати для базового варіанту порівнюючи (Варіант 1); $\dot{E}_{\text{порівняльні}}$ – повні експлуатаційні затрати порівняльного варіанту.

У цьому випадку простий термін окупності показує час, за який окупаються інвестовані кошти за рахунок зниження експлуатаційних витрат для різних варіантів.

В результаті порівняння варіантів видно, що простий термін окупності для Варіанта 4 становить 8,9 року, Варіанта 2 становить 9,73 року і Варіанта 3 становить 11,21 року відповідно.

Вибір оптимальної схеми холодопостачання

Результати аналізу варіантів холодопостачання показали, що найбільші капітальні вкладення відповідають схемою з глибокою децентралізацією з використанням великої кількості малих холодильних машин для технологічного холодопостачання (Варіант 3). Загальні капітальні витрати у цьому випадку становлять близько 79945152 грн.

Найменші капітальні вкладення відповідають схемі холодопостачання з оптимальною децентралізацією (Варіант 2) з використанням холодильних машин середньої потужності, а також сухою градирнею (Dry-cooler). Загальні капітальні витрати у цьому випадку становлять 74349504 грн.

Експлуатаційні витрати для різних схем також показали, що Варіант 1 (централізована холодильна станція) має найбільше значення з порівнюваних варіантів – 13 943 130 грн. на рік, а Варіант 2 (децентралізована система) – найменше значення – 9 622 230 грн. на рік.

Таким чином, з урахуванням порівняння всіх переваг та недоліків, властивих порівнюваним схемам холодопостачання, можна зробити висновок, що найбільш оптимальним є інвестування оптимальної децентралізованої системи холодопостачання з використанням холодильних машин середньої потужності, а також сухої градирні (Dry-cooler).

Цей варіант (Варіант 2) забезпечує найнижчу собівартість виробництва 1 ГДж холоду – 1519,14 грн/ГДж.

Холодопостачання майданчика за рекомендованою схемою (Варіант 2) дозволить заощадити близько 68 617 600 грн за весь термін повної амортизації основних засобів (15 років) порівняно з базовою схемою (Варіант 1).

В результаті порівняння варіантів видно, що простий термін окупності для Варіанту 3 становить 21,02 року, для Варіанту 2 становить 16,25 років відповідно.

Зі збільшенням цін на електроенергію, період окупності відповідно зменшується.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прохоров О.М" Шутюк В.В. Процеси та обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості: Конспект з дисципліни для студ. спец. 6.090200 "Обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості" ден. форми навч. - Ч. П. Теплові процеси та обладнання.- К: -УДУХТ, 2000. - 76 с.

2. Методичні рекомендації до викон. випускної кваліфікаційної роботи [Електронний ресурс] на здобуття освіт, ступ. «Магістр» за спец. 144 «Теплоенергетика» освіт.-проф. прогр. «Теплоенергетика та енергоефективні технології» ден. та заоч. форми навч. / уклад. М.О. Прядко, В.М. Філоненко, В.О. Бойко, Н.В. Іващенко - К.: НУХТ, 2021. - 36 с.

3. Технологічне обладнання біотехнологічної і фармацевтичної промисловості: підручник [для вищ. навч. закл.] Стасевич М.В., Миляннич., А.О., Стрельников Л.С., Крутських Т.В, Бучкевич І.Р., Зайцев О.І Гузьова., І.О., Стрілець О.П., Гладух Є.В., Новіков В.П. – Львів: «Новий Світ-2000», 2020. – 410 с.

4. Будстандарт. Сервіс документів [Електронний ресурс]. Режим доступа: <https://online.budstandart.com/ua/>

Натрія оксидат

Етиловий ефір

Метилглюкамін

Ізодібут

Амізон

Виробництво фітоекстракта

Виробництво ксілометазоліну

Виробництво стабилизатора

Отримання виступу колоїдного субстрату

Антраць

Валідол

Нафтізін



Напряг оксидурат

Етиловий ефир

Метилглюкамін

Ізодібул

Амізон

Виробництво фітоекстракта

Виробництво кілометазоліну

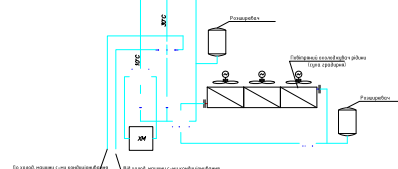
Виробництво стабілізатора

Отримання виступу колоїдного субстрату

Антраць

Валідол

Нафтізін



ХМ — холодильна машина



ХМ – холодильна машина
е/н –електронагрівач