

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплотехніки**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

на тему:

**Розробка системи утилізації теплової енергії від технологічного
обладнання на ДП «Поліграфічний комбінат «Україна» по
виготворенню цінних паперів»**

Саврасова Олексія Володимировича

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплотехніки**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Михайло КИРИЧЕНКО
« ____ » _____ 2025 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

**Розробка системи утилізації теплової енергії від технологічного
обладнання на ДП «Поліграфічний комбінат «Україна» по
виготовленню цінних паперів»**

Як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач **Саврасов Олексій
Володимирович**
144 «Теплоенергетика»
ОПП «Енергетичний менеджмент;
енергоефективні муніципальні та
промислові теплові технології»
Група ТЕМ-24
Керівник: **Пасічник П.О.**
доцент, кандидат технічних наук

Рецензент

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем і екології

Випускова кафедра: теплотехніки

Освітній вищої освіти: Магістр

Спеціальність: 144 Теплоенергетика

Освітня програма: Енергетичний менеджмент; енергоефективні муніципальні та промислові теплові технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри теплотехніки

_____ Михайло КИРИЧЕНКО

« ____ » _____ 2025 року

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

Саврасов Олексій Володимирович

1. Тема роботи «Розробка системи утилізації теплової енергії від технологічного обладнання на ДП «Поліграфічний комбінат «Україна» по виготовленню цінних паперів», затверджена наказом ректора КНУБА №_____ від _____ року.
2. Керівник роботи Пасічник Павло Олександрович, кандидат технічних наук, доцент.
3. Термін подання студентом роботи до захисту 23.12.2025 року
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
 - Р. 1. Характеристика об'єкта
 - Р. 2. Теплове навантаження
 - Р. 3. Опис проектних рішень
 - Р. 4. Автоматизація
 - Р. 5. Економічна ефективність
5. Графічний матеріал за розділами:
 - Р.1. Л1. Теплова схема теплового пункту
 - Р.3. Л.2. Ситуаційний план. Принцип роботи ВВН 1-12
 - Р.3. Л.3. План теплового пункту. Розміщення обладнання
 - Р.3. Л.4. План теплового пункту. Прокладання трубопроводів
 - Р.3. Л.5. План теплового пункту. Прокладання фреонових проводів. Система дренажу
 - Р.3. Л.6. Розріз 1-1, Розріз 2-2
 - Р.3. Л.7. Розріз 3-3, Розріз 4-4, Розріз 5-5
 - Р.4. Л.8. Схема автоматизації
 - Р.3. Л.9. Дослідження робочого режиму роботи каскаду теплових насосів
 - Р.5. Л.10. Техніко економічний аналіз окупності інвестицій

6. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		Дата	Підпис

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ	жовтень 2025 р.
Розділ 1. Характеристика об'єкта	жовтень 2025 р.
Розділ 2. Теплове навантаження	жовтень 2025 р.
Розділ 3. Опис проектних рішень	листопад 2025 р.
Розділ 4. Автоматизація	листопад 2025 р.
Розділ 5. Економічна ефективність	грудень 2025 р.
Остаточне оформлення роботи	грудень 2025 р.
Направлення роботи для перевірки на плагіат	грудень 2025 р.
Направлення роботи на рецензування	грудень 2025 р.

8. Дата видачі завдання _____

Керівник

(підпис)

Пасічник П.О.

Здобувач

(підпис)

Саврасов О.В.

Зміст

Вступ	2
РОЗДІЛ 1 Характеристика об’єкта	9
1.1.Огляд об’єкта дослідження: Поліграфічний комбінат «Україна» по виготовленню цінних паперів.....	9
1.2.Огляд та характеристики технологічно обладнання підприємства.....	12
1.3.Характеристики водокільцевого вакуумного насоса – ВВН 1-12.....	14
РОЗДІЛ 2 Теплове навантаження	17
2.1. Розрахунок теплового навантаження системи ГВП	17
РОЗДІЛ 3 Опис проектних рішень	21
3.1. Застосування теплових насосів в якості альтернативних джерел теплоти	21
3.2. Принцип роботи теплового насосу «повітря-вода»	27
3.3. Визначення точки бівалентності системи	45
РОЗДІЛ 4 Автоматизація	49
4.1. Склад об’єкту автоматизації.....	49
4.2. Робота системи автоматизації.....	50
РОЗДІЛ 5 Економічна ефективність	53
5.1. Економічна ефективність капіталовкладень.....	53
5.2. Показники економічної ефективності.....	56
5.3. Оцінювання ефективності впровадження теплових насосів для забезпечення потреб ГВП.....	72
5.4. Результати економічного розрахунку.....	74
Список використаної літератури	76

Інв.№ ор.	Підпис і дата	Зам. інв.№					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.	
			Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	1

Вступ

Системою теплопостачання називається сукупність джерел теплоти, пристроїв для її транспортування і безпосередніх споживачів теплоти. Основне призначення систем теплопостачання - забезпечення споживачів необхідною кількістю теплоти необхідних параметрів.

Існують різні системи теплопостачання: централізовані та децентралізовані.

Централізована система теплопостачання включає в себе джерело і споживачів. Вони можуть розташовуватися один від одного на значній відстані, передача теплоти здійснюється тепловими мережами.

Децентралізована система теплопостачання - включає в себе джерело теплоти і теплоприймачі споживачів, які поєднані в одному агрегаті або розташовані так близько один від одного, що не потрібно спеціальних пристроїв для транспорту теплоти.

Централізоване теплопостачання ділиться на:

- групове - теплопостачання групи будівель від одного джерела теплоти;
- районне - теплопостачання району міста від одного джерела теплоти;
- міське - теплопостачання кількох районів міста або міста в цілому від одного джерела теплоти;
- міжміське - теплопостачання кількох міст від одного джерела теплоти.

Централізоване теплопостачання являє собою сукупність

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв.№ ор.	Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	

таких операцій: підготовка теплоносія, транспорт теплоносія; використання теплоносія. Підготовка теплоносія проводиться в теплопідготовчих установках на теплоелектроцентралях, а також у міських, районних, квартальних або промислових котелень. Транспортується теплоносієм тепловими мережами і використовується в теплоприймачах споживачів.

Децентралізоване теплопостачання поділяється на індивідуальне та місцеве.

Індивідуальне - приміщення має окреме власне джерело теплоти.

Міське - опалення всіх приміщень будівлі здійснюється від відокремленого, загального джерела теплоти.

Системи теплопостачання класифікують:

- за видом транспортованого теплоносія - парові, водяні, газові, повітряні;
- за кількістю паралельно прокладених трубопроводів - одно-, дво- і багатотрубні;
- за способом приєднання систем гарячого водопостачання до теплових мереж - закриті та відкриті;
- за видом споживача теплоти - комунально-побутові і технологічні.

Теплоносієм характеризується санітарно-гігієнічними, техніко-економічними та експлуатаційними показниками.

Гази: утворюються під час згоряння палива, мають високу температуру, проте транспортування газів ускладнює систему опалення і призводить до значних теплових втрат. Із санітарно-гігієнічного погляду під час використання газів важко

Зам. інв.№
Підпис і дата
Інв.№ ор.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							3
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

забезпечити допустимі температури нагрівальних елементів. Однак, при змішуванні в певній пропорції з холодним повітрям, газу у вигляді газоповітряної суміші можуть бути використані в різних технологічних установках.

Повітря: використовується в системах повітряного опалення, дає змогу досить просто підтримувати постійну температуру в приміщенні. Внаслідок малої теплоємності маса повітря, що нагріває приміщення, має 10 бути значною, що призводить до суттєвого збільшення габаритів каналів для його переміщення, зростанню гідравлічних опорів і витратам електроенергії на транспортування. Тому повітряне опалення на промислових підприємствах здійснюється або суміщеним із системами вентиляції, або шляхом встановлення в цехах спеціальних опалювальних установок.

Пара: при конденсації в нагрівальних пристроях віддає значну кількість теплоти за рахунок високої питомої теплоти перетворення. Тому маса пари при даному тепловому навантаженні зменшується порівняно з іншими теплоносіями. Під час використання пари температура зовнішньої поверхні нагрівальних пристроїв буде вищою за 100°C, що призводить до сублімації пилу, що осів на цих поверхнях, до виділення в приміщеннях шкідливих речовин і появи неприємних запахів. Крім того, парові системи є джерелами шумів; діаметри паропроводів досить значні внаслідок великого питомого об'єму пари.

Вода: має високу теплоємність і щільність, що дає змогу передавати великі кількості теплоти на значні відстані за невисоких теплових втрат, малих діаметрів трубопроводів і невисоких температур поверхні нагрівальних пристроїв.

Інв.№ ор.	Підпис і дата	Зам. інв.№					Арк.	
			Кваліфікаційна робота магістра					4
			Зм.	Кільк	Арк.	№док.		

Переміщення води вимагає великих витрат енергії. Використовується як теплоносій для сезонного навантаження опалення та гарячого водопостачання. Водяні системи теплопостачання поділяють на закриті та відкриті. У закритих системах вода циркулює в замкнутому контурі "джерело теплопостачання - теплова мережа - споживач теплоти - джерело теплопостачання". Вода в таких системах використовується тільки як теплоносій, з мережі не відбирається ні на побутові, ні на технологічні потреби. У відкритих циркулююча вода частково розбирається споживачами для гарячого водопостачання.

Перед потраплянням теплоносія безпосередньо до споживача відбувається його підведення до теплових пунктів, які своєю чергою мають підрозділи на: ІТП - індивідуальні теплові пункти і ЦТП - центральні теплові пункти, які споруджують для двох або більше будівель.

На ЦТП здійснюється приєднання теплоспоживаючих установок групи житлових і громадських будівель до теплової мережі. У ЦТП встановлюються:

- блоки підігрівачів ГВП;
- групові змішувальні установки мережевої води;
- підкачувальні насоси холодної водопровідної води, а за потреби і мережевої;
- регулятори та контрольно-вимірювальні прилади.

У разі використання ЦТП зменшуються витрати на спорудження підігрівальної установки ГВП, насосних установок і систем автоматичного регулювання, але зростають витрати на спорудження ділянки теплової мережі між ЦТП та окремими будинками, бо замість двотрубної мережі потрібно споруджувати

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№ ор.	

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							5
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

чотиритрубну або тритрубну за тупикової схеми ГВП.

Закриті системи теплопостачання - це системи, в яких вода, що циркулює в трубопроводі, використовується тільки як теплоносії, і не забирається з тепломережі для потреб забезпечення гарячого водопостачання. За такої схеми система повністю закрита від навколишнього середовища. У такій системі витоку теплоносія можливі, але вони незначні, всі втрати води автоматично заповнюються за допомогою регулятора підживлення. Подача тепла в закритій системі теплопостачання регулюється централізованим способом, при цьому кількість теплоносія, тобто води, залишається в системі незмінною. Витрата тепла в системі залежить від температури циркулюючого теплоносія. У закритих системах теплопостачання використовуються можливості теплових пунктів. На них від постачальника теплової енергії, ТЕЦ, надходить теплоносії, а його температуру регулюють до необхідної величини для потреб опалення та гарячого водопостачання центральні теплові пункти, які й розподіляють її по споживачах. Перевагою закритої системи теплопостачання є гідравлічна ізолюваність водопровідної води від мережевої води, що циркулює в тепловій мережі.

Основними недоліками закритих систем є:

1. Складність обладнання та експлуатації систем ГВП внаслідок встановлення підігрівачів.
2. Утворення накипу в підігрівачах и трубопроводах ГВП у разі використання водопровідної води, що має високий рівень жорсткості.
3. Корозія установок підготовки гарячої води в ІТП і ЦТП внаслідок використання в них недеаерованої водопровідної води.

Зам. інв.№	Підпис і дата	Інв.№ ор.						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
			Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	

становить близько 30%;

- поліпшення експлуатаційних і технічних якостей теплоносія, що істотно підвищує захист теплових установок від забруднень.

Тому, незалежні системи теплопостачання стали активно застосовуватися у великих містах, де теплові мережі мають велику протяжність і розкид теплових навантажень. Нині успішно впроваджуються технології реконструкції залежних систем теплопостачання в незалежні. Опалювальні установки приєднуються до теплової мережі за тими ж схемами, що і в закритих системах теплопостачання. Більша частина води з теплової мережі витрачається на споживачів ГВП, внаслідок чого витрати води, підігрітої приблизно до 70°C, на підживлення мережі збільшується.

Недоліками відкритих систем є:

- ускладнення й подорожчання підготовки води в джерелі теплопостачання;
- нестабільність води ГВП за запаху, кольоровості і санітарними якостями;
- ускладнення експлуатації через нестабільний гідравлічний режим теплової мережі внаслідок змінної витрати води зворотної лінії;
- складність контролювання непродуктивних витоків води;
- збільшення обсягу санітарного контролю води в системі

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв.№ ор.							Арк.
	Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	

РОЗДІЛ 1 Характеристика об'єкта

1.1. Огляд об'єкта дослідження: Поліграфічний комбінат «Україна» по виготовленню цінних паперів

29 жовтня 1979 р. – день заснування Поліграфічного комбінату «Україна» по виготовленню цінних паперів. За результатами діяльності протягом першого десятиріччя підприємство (тоді ще Поліграфкомбінат «Молодь») за обсягом випуску продукції впевнено зайняло місце серед десятків аналогічних провідних структур країни. Сотні видань класиків і сучасних поетів та прозаїків мають логотип видавництва «Молодь».

Свій новий статус підприємство здобуло 1992 року. Молода держава мала стверджувати свою незалежність не лише документально. Виникла необхідність виготовлення абсолютно нових видів друкованої продукції державної ваги – документів, що посвідчують особу, марок акцизного збору, документів про освіту, цінних паперів, знаків поштової оплати та ін. Імпортування даної продукції було недоцільним не тільки з економічних, а й із політичних міркувань. 20.05.1992 р. Уряд України видав Розпорядження про перепрофілювання Поліграфкомбінату «Молодь» у Державне підприємство «Поліграфічний комбінат «Україна» по виготовленню цінних паперів».

Проектування, реконструкція та реорганізація відбувалися одночасно й без зупинки діючого виробництва. У стислі строки вдалося розробити й запровадити методи захисту продукції від підробок, налагодити зв'язки з постачальниками матеріалів та обладнання, освоїти новітні технології, увести новий режим

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв. № ор.							9
	Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	

обліку матеріалів і продукції, створити належну систему охорони. Проведений комплекс робіт дозволив Поліграфкомбінату “Україна” вже з 1994 року розпочати серійний випуск спеціалізованої поліграфічної продукції, захищеної від підробок і несанкціонованого тиражування.

Державне підприємство “Поліграфічний комбінат “Україна” по виготовленню цінних паперів” сьогодні є лідером з виробництва цінних паперів, документів суворої звітності, ідентифікаційних документів громадян в Україні.

За останні 2,5 роки Поліграфкомбінат “Україна” здійснив модернізацію застарілого обладнання, придбав додаткове обладнання, чим збільшив виробничі потужності вдвічі, це дозволяє представляти свою продукцію на міжнародному ринку, підвищив власну конкурентну спроможність до європейського рівня.

Зокрема, була освоєна нова передова технологія і придбано додаткове обладнання для виготовлення полікарбонатної сторінки закордонного паспорта власного виробництва та бланків документів на пластиковій основі (посвідчення водія, свідоцтво про реєстрацію транспортного засобу та інші документи формату ID-1).

Також було придбано дві сучасні автоматичні лінії з персоналізації буклетів формату ID-3 виробництва “IAI industrial systems V.V.” та додаткова система з персоналізації карток формату ID-1 виробництва “ruhlatat GmbH”. Дані системи щоденно виготовляють понад 30 000 паспортних документів з електронним безконтактним носієм інформації, наші паспорти відповідають сучасним міжнародним вимогам і нормам ICAO

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№ ор.	

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							10
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

9303.

Крім того, Поліграфкомбінат “Україна” має власний комплекс унікального обладнання інтагліо-друку. Ця технологія є однією з ключових у світовій практиці методів захисту спеціалізованої друкованої продукції і використовується для захисту від підробок навіть банкнот і грошових знаків. Слід зазначити, що таке обладнання відсутнє на комерційних ринках, а його використання суворо регламентоване і вимагає спеціальних дозволів.

Для створення дизайну захищених документів Поліграфкомбінат “Україна” використовує програмне і апаратне забезпечення останнього покоління, яке не має аналогів в Україні. Поліграфкомбінат “Україна” також має технологічну лабораторію (яка пройшла атестацію ДП “Укрметртестстандарт”), оснащену сучасними приладами, що дає можливість контролювати кожен параметр готової продукції, відповідно до вимог міжнародних і національних стандартів. Також на підприємстві працює дільниця змішування фарб, що дозволяє Поліграфкомбінату досягати високих кольориметричних характеристик, що є запорукою ідентичності повторних накладів, а також відповідати високим вимогам до точності відображення кольору, використовувати для виготовлення продукції деякі захищені фарби власного виробництва. Обладнання для змішування фарб також дає можливість виготовляти унікальні захисні фарби з попередньо визначеними властивостями, використовувати захисні пігменти фарб (керамічні, рідкісноземельні, ДНК-фарби та ін.).

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв. № ор.							Арк.
	Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	

1.2. Огляд та характеристики технологічно обладнання підприємства

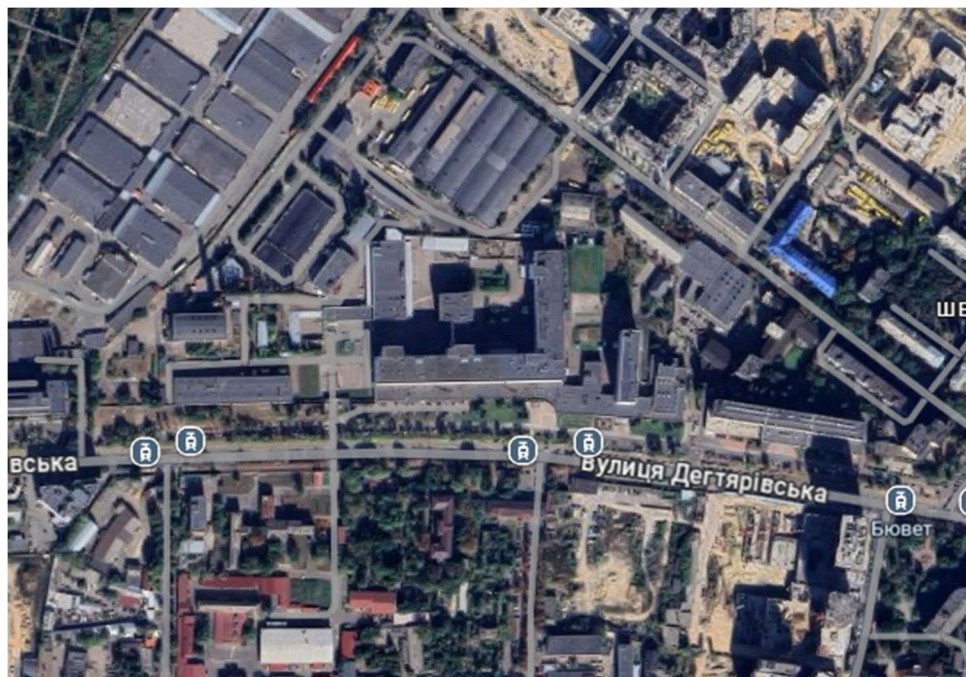
Підприємство розташоване в Шевченківському районі міста Києва, який є одним з найбільш озелених районів столиці - 13 парків, 79 скверів, 6 бульварів.

Будівля Державного підприємства «Поліграфічний комбінат «Україна» має складну форму, складена з 10-и блоків прямокутної і квадратної форми. Зв'язок між приміщеннями будівлі відбувається через коридори поверхів, між поверхами - через сходові клітини, що розташовані у корпусах.

Будівлі літ. Г- книжково-журнального та формного корпусів об'єднані та мають Г-подібну форму з габаритними розмірами 147,57х24,66м та 123,70х25,08м. Будівля 5-ти поверхова, має підвал та технічний поверх.

Приміщення вакуумної станції розташовується в підвальному поверсі книжково-журнального корпусу літ. Г, в осях "А-Б" та осях "10-12".

Малюнок 1 . Адміністративне розташування об'єкту .



Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв. № ор.	Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	

Призначення приміщення - вакуумна станція, в якій розміщені відцентрові водяні насоси для виробництва вакуумованого повітря, яке використовується технологічним обладнанням – плоскодрукарськими поліграфічними машинами Victoria, для виробничих потреб.

Поліграфічний комбінат «Україна» отримує теплоносій у вигляді гарячої води від котельної КП «Київтеплоенерго».

Сучасним, економічним та ефективним джерелом є тепловий насос. Найбільшу економію теплові насоси дають у разі застосування разом з джерелом тепла.

На підприємстві, одним з таких джерел є вакуумна станція. Велика кількість теплової енергії, яка виділяється під час роботи вакуумної станції, викидається в повітря.

На сьогодні вакуумна станція потребує відводу близько 100 кВт/год. тепла. Це здійснюється за допомогою застарілої системи охолодження на основі градирні і циркуляційних насосів загальною електричною потужністю 2 по 13 кВт/год. В разі застосування комплексного рішення, можливе цілорічне забезпечення підприємства гарячою водою, також буде вирішено питання охолодження вакуумної станції сучасним методом.

На сьогодні вакуумна станція складається з чотирьох водокільцевих вакуумних насосів ВВН 1-12, кожний продуктивністю 720 м³/год.

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Арк.
Інв.№ ор.							Кваліфікаційна робота магістра
	Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	13

1.3. Характеристики водокільцевого вакуумного насоса – ВВН 1-12

Насоси типу ВВН 1-12 - вакуумні водокільцеві насоси простої дії, горизонтальні з осьовим напрямком газу через всмоктувальні та нагнітальні вікна та сальниковим ущільненням валу.

На кресленні зображена схема роботи вакуумного водокільцевого насоса ВВН. Принцип роботи насоса ВВН, полягає в наступному: робоче колесо, за допомогою лопаток розбризкує воду по стінкам корпусу насоса, створюючи водяне кільце, що обертається. Відстань між ступицею колеса та водяним кільцем – робочий об'єм. Водяне кільце запобігає перетіканню повітря з нагнітального простору до всмоктуючого. При обертанні колеса, повітря між лопатками стискається та проходить через вікно в нагнітаючий патрубок, а потім у водовідділювач.

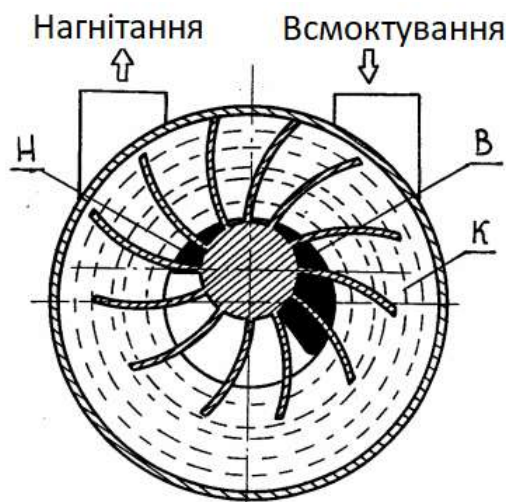
Протягом першого півоберта колеса, внутрішня поверхня водяного кільця поступово віддаляється від ступиці, при цьому утворюючи вільний об'єм між лопатками колеса, який заповнюється повітрям із всмоктуючого патрубка насоса через всмоктувальні вікна.

Протягом другого півоберта колеса внутрішня поверхня водяного кільця наближається до ступиці, при цьому повітря, що знаходиться між лопатками спочатку стискається, а потім витісняється через нагнітальне вікно в нагнітальний патрубок насоса. Таким чином, переміщення повітря з всмоктувального патрубка в нагнітальний, відбувається безперервно і поступово.

Для підтримки постійного об'єму водяного кільця та відведення тепла, яке виділяється деталями, що труться і

Зам. інв.№	Підпис і дата	Інв.№ ор.						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
			Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	

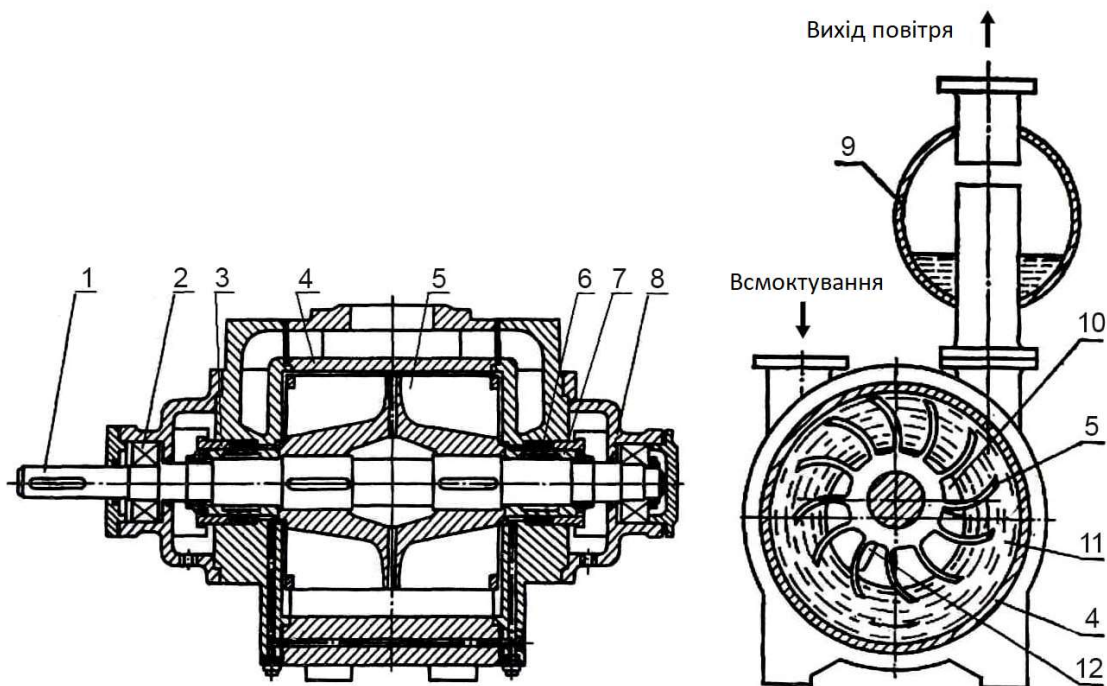
стисненим газом, необхідно, щоб через насос безперервно циркулювала чиста (без механічних домішок) вода. По каналах нижньої частини корпусу вода подається в камери гідравлічних затворів. З камер вода надходить до ступиці колеса, звідки під дією відцентрової сили розтікається по торцевих площинах, ущільнюючи зазор між колесом та корпусом та живлячи водяне кільце. Частково вода з камер проходить через сальники, охолоджуючи їх, і одночасно створює ущільнення. Температура нагріву насоса не повинна перевищувати 80 °С. Мінімальна температура подачі холодної води 15 °С.



Н - вікно нагнітання
В - вікно всмоктування
К - водяне кільце

Схема роботи водокільцевого вакуумного насоса

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Арк.
Інв. № ор.							Кваліфікаційна робота магістра
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	15	



1 – вал, 2 – підшипник, 3 – кришка сальника, 4 – корпус, 5 – робоче колесо, 6 – сальникова набивка, 7 – захисна втулка, 8 – корпус підшипника, 9 – водовідділювач, 10 – вікно нагнітання, 11 – водяне кільце, 12 – вікно всмоктування.

Характеристики водокільцевого вакуумного насоса ВВН 1-12

Характеристика		ВВН 1-12
Параметри насоса	Продуктивність, м ³ /хв	12,0
	Остаточний тиск, Бар	0,40-0,80
	Зазори між корпусом та крильчаткою, мм	0,1-0,3
	Витрата води, м ³ /год	1,38
Параметри двигуна	Потужність, кВт	22-30
	Частота обертів, об/хв	1000
	Напруга, В	380
Габаритні розміри		1765x550x1245
Вага, кг		750

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ор.

Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.
16

РОЗДІЛ 2 Теплове навантаження

2.1. Розрахунок теплового навантаження системи ГВП

Вихідні данні

- Джерело теплопостачання – міська мережа.
- Система теплопостачання – закрита.
- Тиск мережної води на вводі до індивідуального теплового пункту (ІТП) $P_1 = 0,6$ МПа.
- Наявний тиск мережної води на вводі до ІТП (шестиповерхова будівля — $\Delta P_p = 0,2$ МПа).
- Гідравлічний опір системи центрального опалення (СО) ΔP_{CO} : шестиповерхова будівля $\Delta P_{CO} = 0,05$ МПа.
- Температуру гарячої води t^h в місцях водорозбору для систем центрального гарячого водопостачання, які приєднуються до закритих систем теплопостачання, за вимогами необхідно приймати не нижче
$$t^h = 55^\circ\text{C}.$$
- Висота поверху, шестиповерхова будівля — 6 м.
- Підключення водопідігрівачів у ІТП за двоступінчастою змішаною схемою.

Місто: Київ

Кількість поверхів у будівлі: 6

Кількість санвузлів на поверсі: 10

Розрахункова температура мережної води, $\tau_1^p - \tau_2^p = (150 - 70)^\circ\text{C}$

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

17

Визначення теплового навантаження на систему гарячого водопостачання (ГВП)

Для 6-ти поверхової будівлі у м. Київ з кількістю працівників 340 людей, та кількість санітарно-технічних приладів 240 шт. визначаємо теплове навантаження на систему ГВП і теплове навантаження в опалювальний період.

Середня витрата за добу:

$$q^{h_t} = q^{h_u} \cdot U / 1000 \cdot 24 = 120 \cdot 340 / 1000 \cdot 24 = 1,7 \text{ м}^3/\text{год}$$

$q^{h_u} = 120 \text{ л/добу}$ – денна норма для гарячої води, за ДБН В.2.5-64:2012:

Середня витрата за добу опалювального періоду:

$$q^{h_{tm}} = q^{h_u} \cdot U / 1000 \cdot 24 =$$

$$105 \cdot 340 / 1000 \cdot 24 = 1,49 \text{ м}^3/\text{год}$$

$q^{h_u} = 105 \text{ л/добу}$ – норма для гарячої води в опалювальний період, за ДБН В.2.5-64:2012:

$$Q_t^h = 1,16 \cdot q_t^h (55-10) + Q^{ht}$$

$$Q_{tm}^h = 1,16 \cdot q_{tm}^h (55-10) + Q^{ht}$$

$$Q^{ht} = (1+K) \text{ – втрати теплоти;}$$

$K = 0,25$ – коефіцієнт, що враховує втрати трубопроводу, залежить від матеріалу, в даному випадку для ізольованих стояків.

Визначаємо теплове навантаження:

$$Q_t^h = 1,16 \cdot q_t^h (55-10) + Q^{ht} = 1,16 \cdot 1,7 \cdot 45 + (1+0,25) = 90 \text{ кВт}$$

$$Q_{tm}^h = 1,16 \cdot q_{tm}^h (55-10) + Q^{ht} = 1,16 \cdot 1,49 \cdot 45 + (1+0,25) = 79 \text{ кВт}$$

Зам. інв. №						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Підпис і дата							18
Інв. № ор.							
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

Визначення розрахункових витрат води
Визначення витрат гарячої води для гідравлічного
розрахунку.

Всього в будівлі встановлено санітарно-технічних
приладів, до яких підводиться гаряча вода:

$$N = 4 * 6 * 10 = 240 \text{ шт.}$$

Кількість працівників у будівлі:

$$U = 4 * 12 + 5 * 3 * 12 = 320 \text{ чол.}$$

За ДБН В.2.5-64:2012 визначаємо розрахункові максимальні
секундні витрати гарячої води: для житлового будинку, в якому
320 мешканця, при розрахунковій (питомій середній за рік)
добовій загальній витраті (сумарно холодної та гарячої) води на
одного мешканця 250 л/добу.

Максимальні секундні витрати гарячої води для даної будівлі
складають: $q^h = 2,08$ л/с.

Витрата гарячої води для розрахунку теплообмінників.

Для житлового будинку максимальні години витрати
гарячої води складають:

$$q_{hr}^h = 5,01 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначення об'єму бака акумулятора

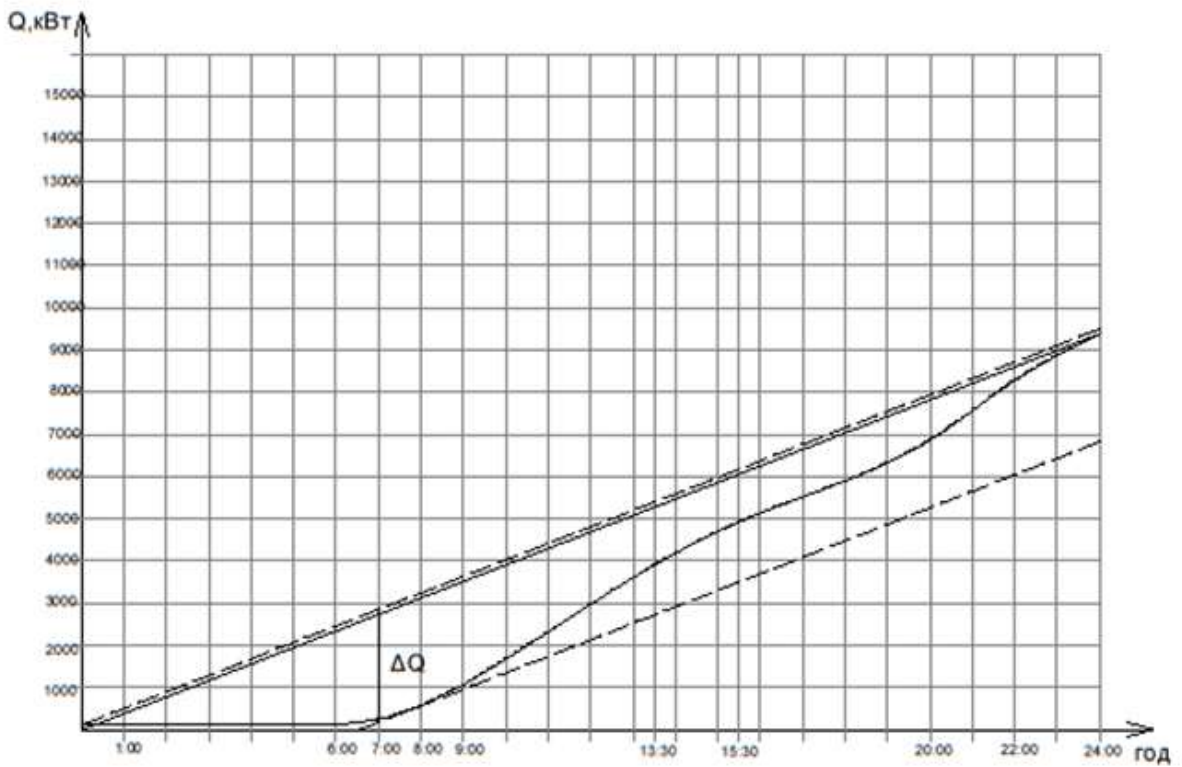
Середню витрату за годину визначаємо згідно із ДБН
В.2.5-64:2012 (Таблиця А5). З урахуванням кількості приладів
($N = 230$ шт) і максимальної секундної витрати гарячої води
($q^h = 2,08$ л/с):

$$q_T^h = 8 \text{ л/год}$$

Тоді тепловий потік на потреби гарячого водопостачання
протягом середньої години водоспоживання:

$$\begin{aligned} Q_T^h &= 1,16 * q_T^h * (55 - t^c) + (1 + K) \\ &= 1,16 * 8 * (55 - 10) + (1 + 0,25) = 418,85 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв.№ ор.	Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	



Об'єм бака-акумулятора:

$$V_{ак} = \frac{\Delta Q * 3600}{C * (55 - 10) * \rho} = \frac{2759,41 * 3600}{4,19 * 45 * 1000} = 52,7 \text{ м}^3$$

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

20

Зам. інв.№
Підпис і дата
Інв.№ ор.

Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата

РОЗДІЛ 3 Опис проектних рішень

3.1. Застосування теплових насосів в якості альтернативних джерел теплоти

В теперішній час використання низькопотенційних джерел теплоти (НПД) штучного та природного походження для опалення і гарячого водопостачання найуспішніше здійснюється за допомогою теплових насосів, випуск яких у всьому світі за останні роки суттєво зростає.

Світовий досвід свідчить, що витрати на енергозбереження в 2-3 рази нижче в порівнянні з традиційними витратами на приріст виробництва еквівалентної кількості енергії.

В Україні теплонасосні установки ще не отримали достатньо широкого розповсюдження з цілого ряду причин, оскільки не завжди існувало сприятливе співвідношення між вартістю отримуваної теплоти і електроенергією, що витрачалася. Проте у зв'язку з тим, що в нашій державі енергетичною програмою передбачається світова економія енергії і паливних ресурсів, як шляхом підвищення ККД установок виробництва теплоти та її споживання, так і за рахунок використання вторинних енергоресурсів, зокрема природних низькотемпературних джерел теплоти.

Найближчими роками передбачається значно збільшити об'єм введення в експлуатацію вітчизняних теплонасосних установок (ТНУ). Здійснюючи зворотний термодинамічний цикл, ТНУ використовують поновлювану низькопотенціальну теплову енергію з навколишнього середовища та вторинних енергоносіїв, підвищують її потенціал до рівня, який необхідний для теплопостачання, при цьому споживається в 1,2-2,3 рази менше

Інв.№ ор.	Підпис і дата	Зам. інв.№							Арк.	
			Кваліфікаційна робота магістра							21
			Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

первинної енергії, ніж при традиційному теплопостачанні.

Відомо, що правильно розроблений та експлуатований тепловий насос забезпечує для споживання теплоти на кожен 1 кВт•год витраченої енергії 3-4 кВт•год теплової енергії.

На кожну вироблену 1 Гкал тепла тепловий насос дозволяє економити до 268 кг вугілля, 84 кг мазуту або 58 м3 природного газу.

Крім високої енергетичної ефективності робота теплових насосів характеризується екологічною чистотою, високою надійністю, можливістю комбінованого виробництва теплоти і холоду в єдиному циклі, універсальністю по тепловій потужності і по виду використовуваної низькопотенційної енергії, пожежобезпечністю та повною автоматизацією процесу роботи. Перші теплові насоси (ТН), що реально діють, в нашій країні створювалися на базі комплектування елементів холодильних машин, які серійно випускалися промисловістю. По мірі розвитку теплонасосних систем теплопостачання виникла природна необхідність створення для них спеціалізованого обладнання. Раніше були розроблені агреговані ТН на базі поршневих компресорів тепловою потужністю 30, 45 і 90 кВт, які забезпечували подачу води, нагрітої для споживача до 63...65°C. Розроблені в даний час теплонасосні установки (ТНУ) за принципом дії підрозділяються на компресійні, сорбційні і термоелектричні. Проведені різними 8 організаціями дослідження показали, що найбільш перспективними для теплопостачання будівлі в даний час є пароконпресійні ТНУ.

Сучасні тенденції створення енергоефективних теплонасосних установок на основі використання низькопотенційних джерел (НПД) полягають в наступному:

Зам. інв.№							Арк.	
	Підпис і дата							22
Інв.№ ор.							Кваліфікаційна робота магістра	
	Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

- вдосконалення конструкцій компресорів, теплообмінних апаратів, регулюючих пристроїв і засобів автоматичного регулювання;
- підвищення надійності і збільшення терміну служби обладнання;
- застосування пристроїв, обладнання та відповідних систем для відбору виробничих і побутових теплових відходів, теплоти природних джерел;
- впровадження відповідних систем на об'єктах, віддалених від джерела енергопостачання та в районах з малою щільністю забудови території;
- збільшення застосування теплонасосних систем тепlopостачання на об'єктах, де необхідні попереми́нна або одночасна подача теплоти і холоду, а також для ліквідації літніх «провалів» споживання електричної енергії в графіках тепlopостачання від ТЕЦ та котельних;
- запобігання обмерзанню випарників теплових насосів «повітря - повітря» і «повітря - вода» у відповідних системах тепlopостачання;
- застосування безступеневого регулювання процесів споживання теплоти тавиробництва холоду для абонентських систем.

Перспективність широкого використання при великих можливостях застосування теплових насосів в народному господарстві України підтверджується світовим досвідом проектування, створення і експлуатації систем різного призначення, що працюють на основі теплоенергетичного потенціалу різних низькопотенціальних джерел штучного та

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв. № ор.							23
	Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	

природного походження.

Одним з ефективних заходів щодо економії палива та підвищення рівня захисту навколишнього середовища представляється широке використання теплонасосних установок, які перетворюють природну низькопотенціальну теплоту і теплові відходи в енергію вищого температурного рівня, придатну, зокрема, для систем тепlopостачання.

Тепловим насосом називається агрегат, призначений для отримання теплоти на основі зворотного термодинамічного циклу.

Отже, головною метою застосування теплових насосів є використання низькопотенціальних джерел теплоти (НПДТ) для тепlopостачання будівель з економією палива в порівнянні з безпосереднім його спалюванням в печах та котлах.

Зворотні кругові процеси (цикли) зміни стану робочого тіла при зображенні на термодинамічних діаграмах мають напрям проти годинникової стрілки, тоді як прямі цикли теплових двигунів – за годинниковою стрілкою.

У теплових двигунах до робочого тіла підводиться теплота високого потенціалу (при високих температурах і тиску робочого тіла), яка перетворюється в роботу і теплоту низького потенціалу.

В теплових насосах же до робочого тіла підводиться низькопотенціальна теплота (на нижньому температурному рівні циклу), яка з витратою необхідної роботи перетворюється в теплоту з більш високою температурою.

Від холодильних машин, що працюють також за зворотними циклами, теплові насоси відрізняються призначенням (нагрівати об'єкт, а не охолоджувати) і, відповідно, межами робочих

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Арк.
Інв.№ ор.							Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

температур.

Якщо в циклі холодильної машини температура навколишнього середовища є верхнім температурним рівнем (температурою теплоприймача), то в циклі теплового насоса – нижнім (температурою тепловіддатчика).

Спільність принципів дії та конструктивного виконання зумовила загальну назву теплових насосів і холодильних машин, а також їх модифікацій, призначених для одночасного або почергового отримання теплоти і холоду, - трансформатори теплоти (термотрансформатори).

Відмінність теплового насоса від звичайних теплообмінників полягає в тому, що теплообмінник дозволяє передавати теплоту тільки від більш нагрітого потоку до менш нагрітому, тобто у бік зменшення температури.

Якщо відволіктися від витрат потужності на переміщення речовини (насоси, вентилятори), то передача теплоти в теплообміннику відбувається самовільно, тобто без витрат електричної або механічної енергії.

В тепловому насосі теплота передається від холоднішого до більш нагрітого потоку (в бік підвищення температури). Така передача теплоти згідно другого закону термодинаміки в компресійному тепловому насосі неможлива без витрат механічної потужності.

Тому окрім теплообмінних апаратів кожен компресійний тепловий насос містить компресор з електричним або іншим приводом.

Основними елементами теплового насоса є компресор, конденсатор, випарник та дросель (регулюючий вентиль), які зв'язані між собою системою трубопроводів для циркуляції

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

робочого тіла.

Сукупність теплового насоса і обладнання абонентської системи (теплообмінні пристрої, гідравлічні машини, трубопроводи для підведення та відведення теплоносія, системи енергоживлення, контролю і регулювання) є теплонасосною системою тепlopостачання (ТНСТ).

В системах опалення, вентиляції та гарячого водopостачання все ширше застосовуються теплові насоси. Область застосування теплонасосних систем, які передають енергію від теплоносія з порівняно низькою температурою до енергоносія з вищою температурою, регламентується і вельми обширна в можливостях тепlopостачання житлових, цивільних і промислових будівель.

Проте для вирішення питань раціонального використання енергії низького потенціалу недостатньо простої заміни опалювальних котлів тепловими насосами.

Головною передумовою вибору розрахункових схем та режимів експлуатації теплових насосів є врахування внутрішніх умов протікання процесу і застосування їх щодо джерела низькопотенційної теплоти при необхідному рівні підвищення температур для абонентських систем.

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № ор.							Арк.
			Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	26

3.2. Принцип роботи теплового насосу «повітря-вода»

Холодоагент R410A в газоподібному стані надходить до компресора. В компресорі збільшується тиск та температура холодоагента. Нагрітий холодоагент під високим тиском потрапляє до конденсатора (або випарника) залежно від режиму роботи. У ньому відбувається передача теплоти, у результаті чого холодоагент охолоджується та конденсується. Після конденсатора встановлено електронний розширювальний вентиль EEV який знижує тиск холодоагента. Далі холодоагент потрапляє до випарника (або конденсатора), де він кипить і відбирає теплоту. Режим роботи (напрямок руху теплоносія) вибирається чотириходовим клапаном. Після цього, цикл роботи теплового насоса повторюється. У результаті залежно від положення клапана, теплота передається:

- від зовнішнього повітря до теплоносія (режим нагріву);
- від теплоносія до зовнішнього повітря (режим охолодження). Використання атмосферного повітря як нижнього джерела енергії для теплового насоса є перевагою, тому що воно є безкоштовним і необмеженим джерелом. Застосування повітря можливе на будь-яких об'єктах. Основним недоліком такої системи є втрата потужності та ефективності по мірі зниження температури зовнішнього повітря.

Теплові насоси в яких джерелом енергії є повітря дуже залежать від температури зовнішнього повітря в порівнянні з тепловими насосами які черпають енергію з ґрунту чи водою. Також ефективність теплового насоса залежить від температури до якої потрібно нагріти теплоносій.

Зам. інв.№
Підпис і дата
Інв.№ ор.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							27
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Тепловий насос «повітря-вода»

Каскад систем теплових насосів «повітря-вода» «Heat Guard 250 S» у складі: зовнішні блоки – **FDC250VSA** (Mitsubishi Heavy Industries (Японія) та внутрішні блоки **HPS 20-25**.
Характеристики теплового насосу «повітря-вода» «Heat Guard 250 S» наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристики теплового насосу «повітря-вода» «Heat Guard 250 S»

Найменування		Характеристика	
Модель		Heat Guard 250 S	
Внутрішній блок		HPS 20-25	
Зовнішній блок		Mitsubishi Heavy FDC250VSA	
Джерело живлення		3 фази, 380-415V, 50Гц	
Номінальна теплова потужність	кВт	40°C -45°C температура води. Температура зовнішнього повітря +2°C	27.0 [5.5 (Min.)~31.5 (Max.)]
Електрична потужність в режимі нагрівання	кВт		7,20
Тепловий коефіцієнт енергоефективності (COP)			3,75
Номінальна потужність в режимі охолодження	кВт	07°C -45°C температура води. Температура зовнішнього повітря +2°C	24.0 [6.9 (Min.)~28.0 (Max.)]
Електрична потужність в режимі охолодження	кВт		7.98
Холодильний коефіцієнт енергоефективності (ERR)			3,01
Діапазон температур (зовнішнє повітря)		тепло	-15°C....+20°C
Діапазон температур (вода)		холод	-15°C.....+43°C
Діапазон температур (вода)		тепло	+35°C....+50°C
Діапазон температур (вода)		холод	+7°C.....+20°C
Робочий струм	А		11,3.....12,0
Пусковий струм	А		5
Максимальна довжина трас	м		70
Внутрішній блок		HPS 20-25	
Ширина	мм		440
Глибина	мм		266
Висота	мм		1131
Вага	кг		71
Колір			білий/жовтий
Виконання IP (ступінь захисту)			IP21
Запобіжний клапан	Bar		0,3
Тип теплообмінника			Пластинчатий
Матеріал теплообмінника			Нержавіюча сталь
Зовнішній блок		FDC250VSA	

Зам. інв.№
Підпис і дата
Інв.№ ор.

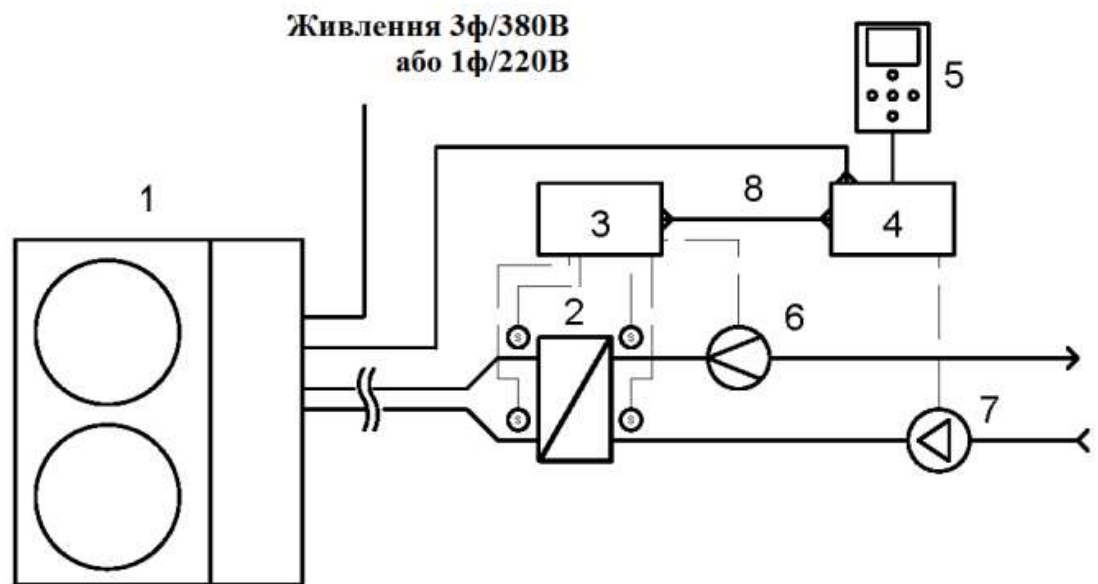
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.
28

Ширина	мм		970
Глибина	мм		370
Висота	мм		1505
Вага	кг		143
Рівень звукового тиску	дБА	тепло	75
	дБА	холод	73
Витрата повітря	м3/хв		143.....151
Тип компресора			ротаційний
Двигун вентилятора	Вт		2*86
Живлення та лінійний сигнал від внутрішнього блоку	N *мм ²		4*1,5
Холодоагент	тип		R410A
Об'єм холодоагенту	кг		7,2
Труби підключення холодоагенту	мм(")		Газ: Ø22,22 (7/8") мм, рідина: Ø12,70мм, (1/2")
Доповнення	Вт	Обігрів піддону	50

1.3. Компоненти



На схемі:

1 – Зовнішній блок.

2, 3, 6 – Теплообмінник фреон/вода, комутаційна коробка, витратомір. Усі деталі – складові внутрішнього гідравлічного блоку.

4, 5 – Електронний блок, що складається із системи управління та встановленого на ньому пульта управління.

7 – Циркуляційний насос (до комплекту не входить).

8 – 3'єднувальний кабель (додатково див. електричну схему).

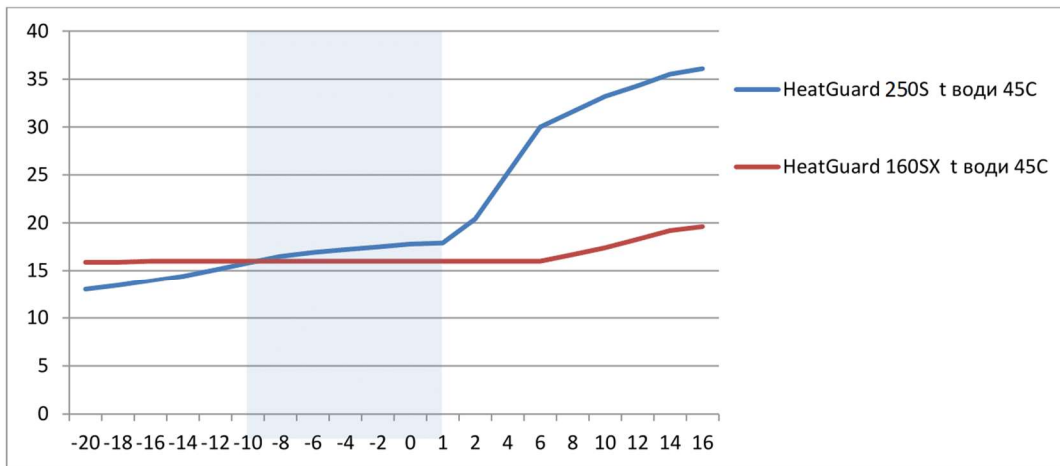
Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№ ор.	

Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Режим охолодження, °C								
Темп. зовніш. Повітря °C	Температура води, °C							
	5	7	9	11	13	15	17	19
11			27,7	29,3	30,2	31,1	32,9	34,7
13			27,8	29,4	30,2	31,1	32,9	34,7
15			27,8	29,4	30,2	31,1	32,9	34,7
17			27,8	29,5	30,4	31,3	33,0	34,8
19			27,9	29,6	30,5	31,4	33,1	34,8
21			27,5	29,1	30,0	30,9	32,6	34,3
23			27,1	28,7	29,5	30,3	32,1	33,8
25		25,3	26,8	28,4	29,2	30,1	31,8	33,5
27		25,1	26,6	28,2	29,0	30,2	31,5	
29		24,7	26,2	27,7	28,5	29,8	31,0	
31		24,3	25,7	27,2	28,0	29,3	30,6	
33	22,5	23,6	25,3	26,7	27,5	28,8	30,2	
35	22,4	23,3	24,9	26,3	27,0	28,4	29,7	
37	22,1	23,0	24,5	25,8	26,5	27,7	29,0	
39	22,0	22,9	24,4	25,6	26,2	27,3	28,5	
41	22,6	23,1	24,2	25,3	25,9	26,9	27,9	
43	21,4	22,3	23,7	24,7	25,2	26,1	27,0	

Режим тепло, °C			
Темп. зовніш. Повітря °C	Температура води, °C		
	35	40	45
-20	13,3	13,1	13,0
-18	13,7	13,3	13,4
-16	14,2	14,1	13,9
-15	14,7	14,5	14,4
-13	15,4	15,3	15,1
-10	16,2	16,0	15,8
-8	16,9	16,7	16,5
-6	17,2	17,0	16,9
-4	17,5	17,3	17,2
-2	17,8	17,6	17,5
0	18,1	17,9	17,8
1	18,2	18,1	17,9
2	20,7	20,5	20,4
4	25,7	25,4	25,2
6	30,7	30,3	30,0
8	32,1	31,9	31,6
10	33,6	33,4	33,2
12	34,8	34,5	34,3
14	35,9	35,7	35,5
16	36,5	36,3	36,1

Таблиця порівняння зміни потужностей HeatGuard 250S та HeatGuard 160SX в залежності від температури зовнішнього повітря



Технічний посібник
Теплові насоси

Heat GUARD

10

Кваліфікаційна робота магістра

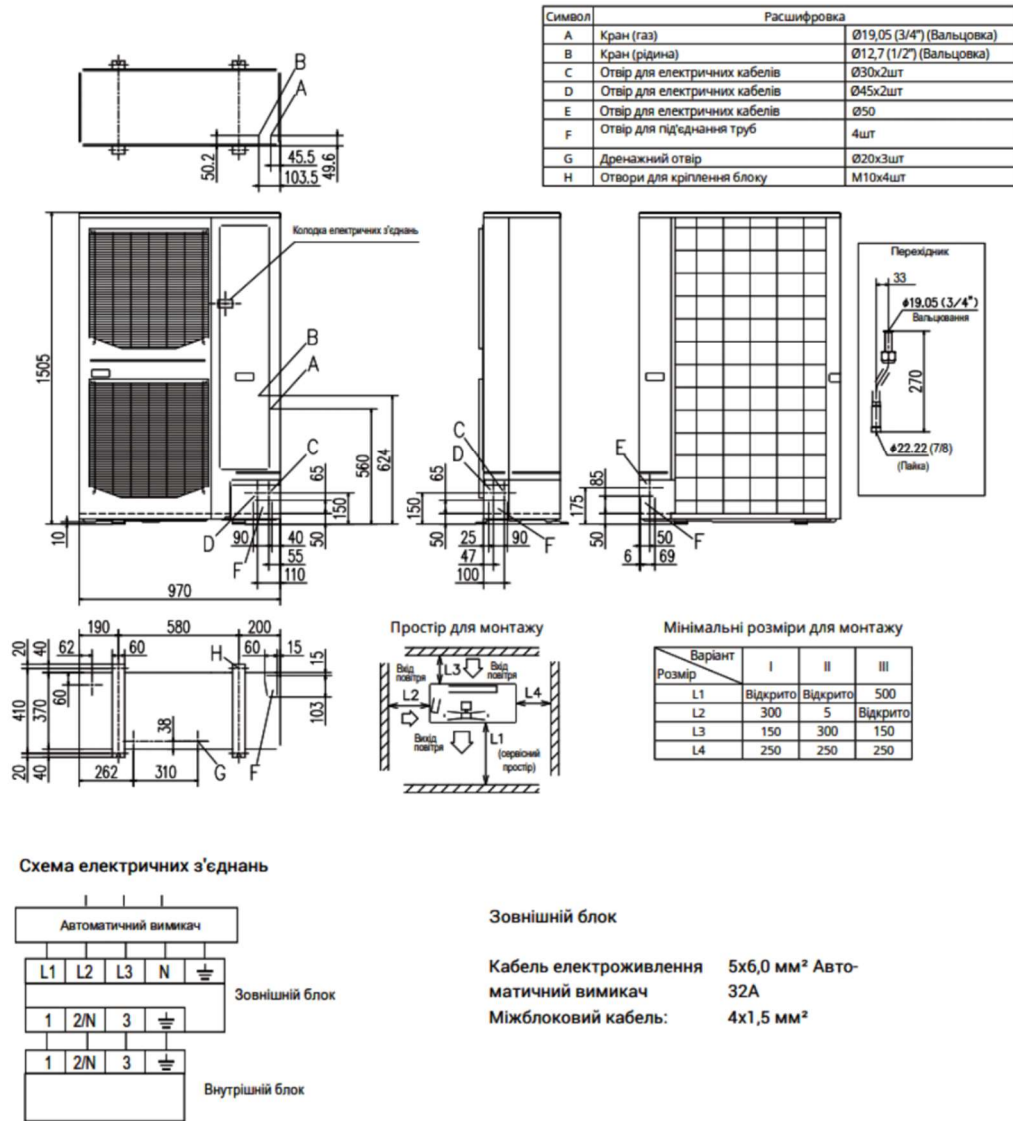
Арк.

30

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№ ор.	

Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Зовнішні блоки



Технічний посібник
Теплові насоси

Heat GUARD

26

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

31

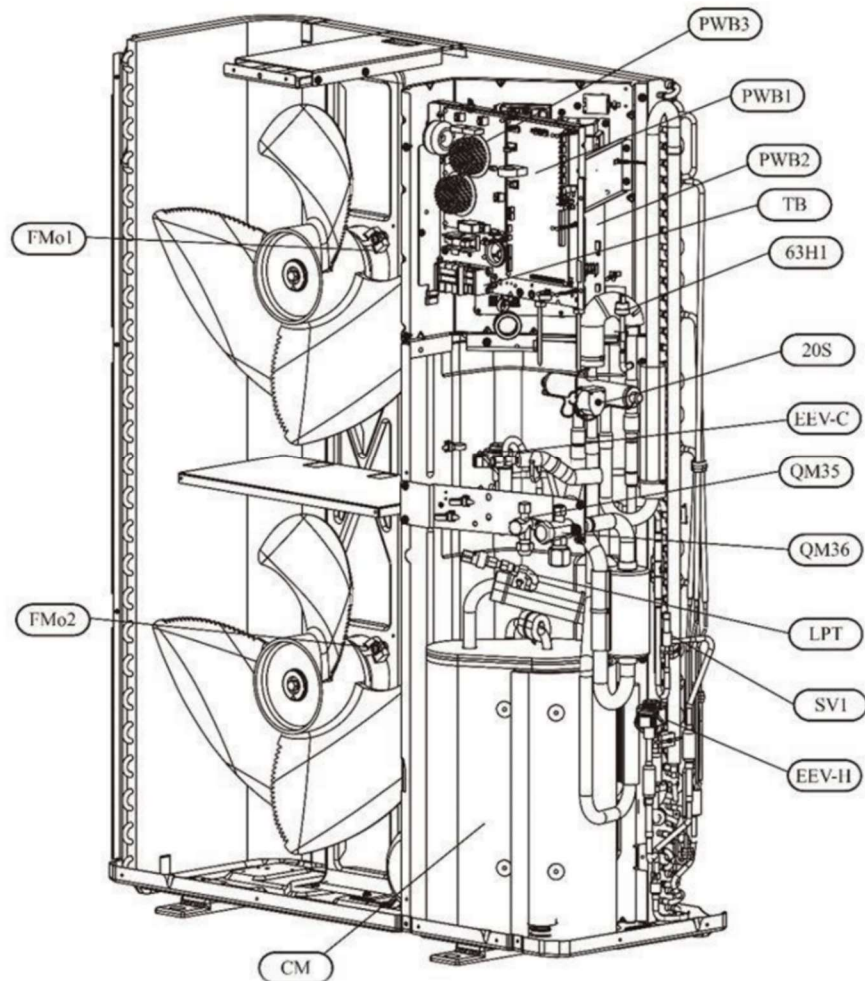
Зам. інв.№

Підпис і дата

Інв.№ ор.

Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата
-----	-------	------	-------	-------	------

Конструкція зовнішніх блоків



позначення компоненти

63H1	Реле високого тиску
LPT	Трансмітер низького тиску
FM01	Вентилятор
20S	Чотирьох ходовий клапан
CM	Компресор
PWB1	Плата управління
PWB2	Плата інвертора
PWB3	Плата фільтра
QM35	Сервісний клапан, рідинний трубопровід
QM36	Сервісний клапан, газовий трубопровід
EEV-II	Розширювальний клапан, охолодження
EEV-C	Розширювальний клапан, опалення
TB	Клемна колодка, входить живлення та зв'язок

Технічний посібник
Теплові насоси

Heat GUARD

27

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

32

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ор.

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

1.4. Робота компонентів системи

Під час вмикання теплового насоса відбувається запуск циркуляційного насоса та перевірка системи на наявність протоку та відповідність рівня витрати теплоносія. Якщо витрата теплоносія більша за мінімальне значення, система управління запускає в роботу тепловий насос. Процеси нагріву чи охолодження теплоносія відбуваються у пластинчастому паяному теплообміннику фреон/вода. Під час роботи на «нагрів», коли температура повітря навколишнього середовища -8°C , чи під час роботи в режимі «розмороження» зовнішнього блока, або несправності зовнішнього блока, дозволяється робота проточного 3-х чи 2-х ступінчатого нагрівача (конфігурація проводиться під час налаштування). За таких умов проточний нагрівач починає працювати під час зменшення температури теплоносія більше, ніж на 2°C в робочому режимі «нагрів», чи на 4°C в режимі «розмороження» зовнішнього блоку. За наявності зовнішнього опалювального 9 котла, у випадку погіршення енергетичних показників теплового насоса, його запуск можливий за допомогою окремого реле «сухий контакт». Під час роботи теплового насоса відбувається безперервний процес вимірювання виробленої теплової (холодильної) енергії, спожитої електричної енергії та розрахунку коефіцієнту продуктивності (енергоєфективності) COP. Перемикання з теплового насоса на зовнішній котел можливе за наступних умов:

1. Якщо температура навколишнього середовища нижча за встановлене значення.
2. Коефіцієнт COP нижчий за встановлене значення.

Такі варіанти дозволяють користувачеві змінювати умови переходу між різними джерелами теплоти, що зумовлено

Зам. інв.№
Підпис і дата
Інв.№ ор.

Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата

постійними змінами вартості різних енергоносіїв: природного газу, електроенергії, тощо. Повернення роботи на тепловий насос відбувається при підвищенні температури навколишнього середовища, або при такій температурі, за якої відбулася зміна джерела теплопостачання при роботі з аналізом COP.

Якщо відбувається перемикання по COP, контролер теплового насоса автоматично запам'ятовує температуру навколишнього середовища за якої відбулося перемикання, щоб потім за тієї ж температури відновити роботу.

Аварійне вимикання теплового насоса відбувається, коли:

- Протягом 15 секунд відсутній проток теплоносія при ввімкненому циркуляційному насосі.
- Витрата води зменшилася нижче за встановлене порогове значення.
- Виникла загроза заморозження пластинчастого теплообмінника, що визначається за температурою теплоносія на виході з внутрішнього блоку під час роботи в режимі «холод» (параметр налаштовується; для води він повинен бути не менше, ніж $+5^{\circ}\text{C}$).
- Зафіксовано аварію розмороження зовнішнього блоку, що визначається по температурі теплоносія на вході під час роботи в режимі «розмороження», якщо вона є меншою, ніж встановлене значення (параметр налаштовується; для води повинен бути не менше, ніж $+20^{\circ}\text{C}$).

Робочий режим теплового насоса зберігається, якщо стався перегрів електричного проточного нагрівача, що визначається за термостатом перегріву, встановленому на нагрівачі (у цьому випадку він виводиться з роботи системою управління).

При несправності зовнішнього блоку замість теплового насоса

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв.№ ор.							34
	Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	

в роботу вводиться проточний нагрівач, або зовнішній котел.

Щоб уникнути частих аварійних вимикань теплового насоса, повне його відключення відбувається у випадку повторення аварій частіше, ніж тричі на годину. Виняток становлять аварії потоку теплоносія і зниження витрат 10 менше необхідного значення. У цьому разі система штатного захисту виводить тепловий насос з роботи, а теплове навантаження мережі переносить на зовнішній котел.

Під час перемикання з теплового насоса на зовнішній котел відбувається безперервний моніторинг його роботи на предмет можливої аварійної зупинки за наступним алгоритмом:

1. Якщо температура води на виході менша встановленого значення (типова 35°C) і такі показники зберігаються більше, ніж 40 хвилин (час можна змінити), це свідчить про несправність котла. Після витримки встановленого періоду часу із постійним детектуванням заниженої температури теплоносія система управління миттєво переносить роботу на тепловий насос.

2. Якщо температура менша за критичне значення, що становить 25°C (параметр можна змінити), це свідчить про фактичну несправність котла. В цьому випадку система управління вводить в роботу тепловий насос негайно.

Якщо під час роботи зовнішнього котла виявлено його несправність, система управління переносить роботу на тепловий насос, а на дисплеї панелі управління з'являється відповідне повідомлення. Повторна спроба запуску котла відбувається через 6 годин (360 хвилин). Залишок часу до повторного старту котла відображається на екрані пульта управління теплового насоса. Затримку повторного вмикання котла можна відмінити вручну за допомогою вмикання/вимикання теплового насоса за допомогою

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Арк.
Інв.№ ор.							Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	35	

пульта управління.

Регулюючий клапан, що знаходиться в системі, можна налаштувати на декілька режимів роботи:

1. Клапан «гарячого старту».

2. Клапан активації системи опалення. У цьому випадку відбувається автоматичне підключення системи опалення за умови зниження температури навколишнього середовища (нижче за встановлене значення, що за замовчуванням складає 12°C).

3. Підключення теплового насоса до загальної системи тепло/холодопостачання.

➤ Робоча температура теплоносія від теплового насоса (режим «тепло») – 45/40 °C;

➤ робоча температура теплоносія від теплового насоса (режим «холод») – 7/12 °C;

Тепловий насос «вода-вода»

Компактний та безшумний тепловий насос.

Недолік простору та рівень шуму часто є критичними елементами для встановлення внутрішніх теплових насосів. Пристрої NOCEAN Tech призначені для установки практично в будь-якому місці, що полегшує транспортування та монтаж. Повністю закрита кожухом та звукоізована версія дозволяє знизити рівень шуму до 30 дБ (А), що робить роботу надзвичайно тихою у житлових приміщеннях. Додатковий насосний та накопичувальний модуль, розташований поруч із тепловим насосом, робить NOCEAN Tech комплексною системою, що керується одним мікропроцесором, що забезпечує максимальну простоту використання та експлуатації. NOCEAN Tech, завдяки своїй міцній конструкції, розрахованій для промислового використання, високоякісним компонентам, функціям

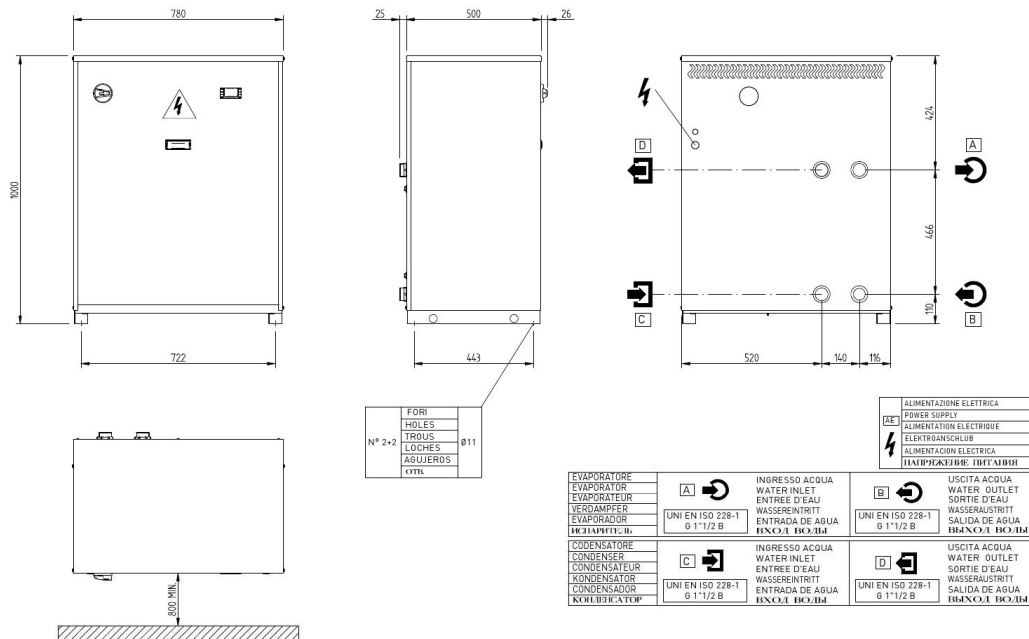
Зам. інв.№	Підпис і дата	Інв.№ ор.							Арк.
			Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	36

розвантаження та широкому діапазону робочих характеристик, забезпечує оптимальну продуктивність за будь-яких умов.

NOcean Tech OCT 040, MTA

Моделі		018	022	030	040
Номинальная холодопроизводительность (1)	кВт	4,3	5,2	6,8	10,5
Общая потребляемая мощность (1)	кВт	1,2	1,6	1,9	2,7
EER (2)		3,52	3,34	3,63	3,83
Номинальная холодопроизводительность (3)	кВт	4,6	5,5	7,3	11,2
Общая потребляемая мощность (3)	кВт	1,0	1,3	1,6	2,2
EER (4)		4,53	4,11	4,54	4,94
Номинальная теплопроизводительность (5)	кВт	5,2	6,2	7,7	12,2
Общая потребляемая мощность (5)	кВт	1,4	1,8	2,2	3,5
COP (6)		3,61	3,45	3,56	3,48
SCOP (7)		3,62	3,50	3,65	3,82
Класс энергоэффективности ErP (8)		A+	A+	A+	A+
Питание	В/Ф/Гц	230 ± 10 % / 1 / 50			
Контуры/компрессоры	кол-во	1/1			
Звуковая мощность (9)	дБ(А)	58	58,7	59,1	62,7
Звуковое давление (10)	дБ(А)	30,0	30,7	31,1	34,7
Глубина	мм	310	310	310	310
Ширина	мм	520	520	520	520
Высота	мм	830	830	830	830
Вес при работе	кг	49	53	59	67

OCT / HOCT 100 - 130 - 150



Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

37

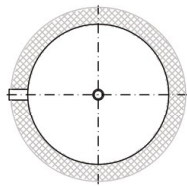
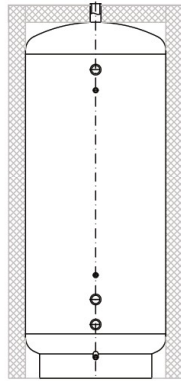
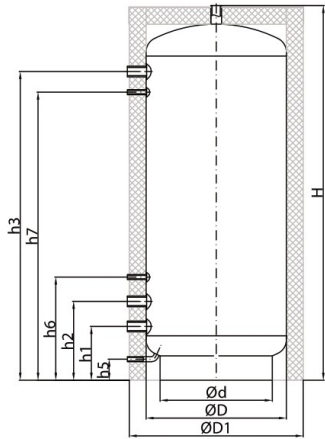
Зам. інв.№
Підпис і дата
Інв.№ ор.

Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Теплоаккумулятор Теплобак ВТА-4 Економ



Теплоаккумулятор з чорної сталі



ВТА-4-ЕКОНОМ

h1-h3 Патрубки подаючих і зворотніх магістралей підігрівуючих контурів
 h5 Патрубок технологічний
 h6-h7 Патрубки датчиків температури

V _{бака} , л	Габарити, мм				Приєднувальні розміри, мм					
	ØH	ØD1	ØD	Ød	h1	h2	h3	h5	h6	h7
200	1310 1½"	700	500	400	243	377 1½"	960	95	507 ½"	850
300	1920 1½"	700	500	400	243	377 1½"	1610	95	507 ½"	1500
400	1700 1½"	800	600	450	256	390 1½"	1373	100	520 ½"	1263
500	1995 1½"	800	600	450	256	390 1½"	1623	100	520 ½"	1513
750	2010 1½"	950	750	600	287	421 1½"	1654	115	551 ½"	1544
1000	2060 1½"	1050	850	700	315	449 1½"	1682	140	579 ½"	1572
1500	2150 1½"	1200	1000	850	360	494 1½"	1727	165	624 ½"	1617
2000	2250 1½"	1400	1200	1000	411	545 1½"	1778	200	675 ½"	1668
3000	2340 2"	1600	1400	1150	457	591 2"	1824	220	721 ½"	1714
4000	2400 2"	1800	1600	1300	482	616 2"	1849	240	746 ½"	1739
5000	2900 2"	1800	1600	1300	482	616 2"	2349	240	746 ½"	2239
6300	2850	2100	1900							
8000	3600	2100	1900							
10000	4350	2100	1900							

Конфігурація та розміри патрубків по запити замовника

* Габарити та приєднувальні розміри для ВТА-4-ЕКОНОМ з робочим тиском 6 - 10 бар можуть відрізнятися

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ор.

Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата
-----	-------	------	--------	-------	------

Кваліфікаційна робота магістра

Бак накопичувальний Теплобак ВТП-1-1500

ТЕПЛОБАК® БАКИ АКУМУЛЯЦІЙНІ ДЛЯ ГВП

ВТП 1

НАКОПИЧЕННЯ ПОПЕРЕДНЬО НАГРІТОЇ ВОДИ ДЛЯ ПОТРЕБ ГВП



ВТП

ТЕХНІЧНИЙ ОПИС

Акумуляційний бак ГВП призначений для накопичення та зберігання попередньо нагрітої у зовнішньому теплообміннику води для потреб ГВП. В конструкції бака передбачений фланцевий люк, закритий кришкою, який призначений для ревізійного сервісного обслуговування бака, а також для монтажу фланцевого теплообмінника, що дозволяє підключати додаткове джерело нагріву. Для захисту внутрішнього покриття передбачено один або кілька магнієвих анодів.



Бак	
P	T
6 bar	95 °C

МАТЕРІАЛ

Бак виготовлений з вуглецевої конструкційної сталі S235JR (DIN1.0038) з внутрішнім полікерамічним покриттям, яке володіє високою адгезією до металу та еластичністю, що запобігає мікро розтріскуванню при температурних деформаціях стінки бака. Зовнішнє покриття забезпечує підвищену стійкість до механічних впливів та агресивних середовищ.

ГАРАНТІЯ

5 років

ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ

PL/PVC – поліестерова теплоізоляція товщиною 100 мм в кожусі з ПВХ-тканини на замку

PU/PVC – теплоізоляція з еластичного пінополіуретану товщиною 90 мм в кожусі з ПВХ-тканини, що фіксується стяжками

PL/ABS – поліестерова теплоізоляція товщиною 100 мм в кожусі з ABS-пластику на пластикових замках

PS/ABS – ефективна тверда теплоізоляція 100 мм з графітзованого пінополістиролу в кожусі з ABS-пластику. Теплоізоляція преміум класу – відповідає вимогам директиви **ErP 2009/125/EC**

Модель	V бака, л	Клас енергоефективності ізоляції*
400	413	B
500	483	B
750	773	C
1000	1008	C
1500	1449	C
2000	2158	C
2500	2554	-
3000	3050	-
4000	4051	-
5000	5055	-
6300	6241	-
8000	8366	-
10000	10492	-

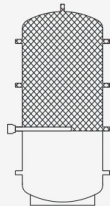
*Клас енергоефективності вказаний для ізоляції PS/ABS.

СПЕЦЗАМОВЛЕННЯ

Можливе проектування і виробництво водопідігрівачів відповідно до потреб замовника, що передбачає зміну габаритів та конфігурації приєднання.

АКСЕСУАРИ

Трубчасті електричні нагрівачі



Модель	Об'єм зони нагріву, л	2 кВт	3 кВт	4,5 кВт	6 кВт	7,5 кВт	9 кВт	12 кВт	15 кВт
		1-220		3-400					
400	208	254	169	113	85	68	56	-	-
500	247	301	201	134	100	80	67	-	-
750	398	485	323	216	162	129	108	81	-
1000	519	633	422	281	211	169	141	105	84
1500	746	909	606	404	303	243	202	152	121
2000	1110	1353	902	601	451	361	301	226	180
3000	1567	1910	1274	849	637	509	425	318	255
4000	2080	2536	1691	1127	845	676	564	423	338
5000	2572	3136	2090	1394	1045	836	697	523	418

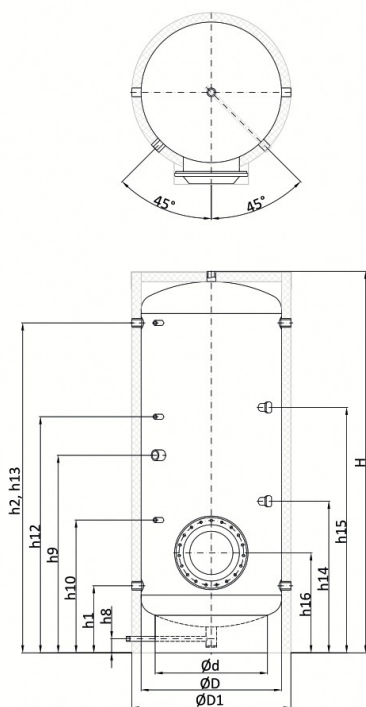


Для альтернативного монтажу ТЕНа застосовують фланцевий перехідник

Зам. інв.№
Підпис і дата
Інв.№ ор.

Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

ГАБАРИТНІ ПРИЄДНУВАЛЬНІ РОЗМІРИ



ПОЗНАЧЕННЯ

Н	Вихід гарячої води
h1	Подача холодної води
h2	Рециркуляція. Альтернативний вихід гарячої води або приєднання до іншого бойлера
h8	Дренаж
h9	Патрубок ТЕНа
h10, h12, h13	Підключення контрольно-регулювальної та вимірювальної арматури
h14, h15	Підключення магнієвого анода
h16	Фланці для теплообмінників

Модель	Габарити, мм			Приєднувальні розміри, мм										
	ØD1	ØD	Ød	Н	h1	h2	h8	h9	h10	h12	h13	h14	h15	h16
400	800	600	450	1730	331	1481	75	921	681	1081	1481	781	-	456
					1 ¼"		¾"	1 ½"		½"		1"		Ø210
500	800	600	450	1980	331	1731	75	1026	681	1231	1731	781	-	456
					1 ¼"		¾"	1 ½"		½"		1"		Ø210
750	950	750	600	2035	357	1757	75	1052	707	1257	1757	807	-	532
					1 ¼"		¾"	1 ½"		½"		1"		Ø300
1000	1050	850	700	2085	390	1790	75	1085	740	1290	1790	840	-	565
					1 ½"		¾"	1 ½"		½"		1"		Ø300
1500	1200	1000	850	2170	430	1830	75	1125	780	1330	1830	880	1380	605
					1 ½"		¾"	1 ½"		½"		1"		Ø300
2000	1400	1200	1000	2260	471	1871	75	1166	821	1371	1871	921	1421	671
					2"		1"	1 ½"		½"		1"		Ø350
3000	1600	1400	1150	2365	526	1926	75	1221	876	1426	1926	976	1476	726
					2"		1"	1 ½"		½"		1"		Ø350
4000	1800	1600	1300	2425	557	1957	75	1252	907	1457	1957	1007	1507	757
					2"		1"	1 ½"		½"		1"		Ø350
5000	1800	1600	1300	2925	557	2457	75	1507	907	1770	2457	1007	1957	757
					2"		1"	1 ½"		½"		1"		Ø350
6300	2100	1900												
8000	2100	1900												
10000	2100	1900												

Конфігурація та розміри патрубків по запити клієнта.

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ор.

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

40

Зм. Кільк Арк. № док. Підп. Дата

теплопостачання)

Аварійний мінімальний тиск теплоносія – 0,5 бар (в контурі теплопостачання)

Аварійний максимальний тиск теплоносія – 6 бар (в контурі теплопостачання)

Витрати тепла на приготування гарячої води – 90 кВт

Встановлена потужність електродвигунів – 48 кВт

Витрата холоду на технологічне обладнання – 43 кВт

У зв'язку з переоснащенням системи нагріву гарячої води із застосуванням поновлюваних джерел тепло, було прийнято рішення використовувати для цієї мети теплові насоси

1. Тепловий насос «вода-вода» НОcean Tech ОСТ 040, МТА;
2. Тепловий насос «повітря-вода» HeatGuard.

Перший тип теплового насоса «вода-вода» застосовується для утилізації тепла, що утворюється при роботі технологічного обладнання – вакуум-насосів. Застосування цього ТН дає можливість відмовитися від існуючого, застарілого і що вимагає реконструкції, обладнання охолодження вакуум-насосів і значно зменшити ємності запасу води. Крім цього, знижується енергоспоживання обладнання.

При роботі цього ТН відбирається тепло з ємностей запасу води для вакуум-насосів і віддається в систему нагріву гарячої води. Робота цього ТН періодична. Він включається тільки при накопиченні тепла в ємностях (коли вода в ємностях нагрівається вище 25 °С). Після включення теплового насоса, відбувається охолодження води до 15-20 °С, при цьому на нагрів гарячої води подається теплоносій нагрітий до 47 °С.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота магістра		Арк.
		42

Якщо з якихось причин, тепловий насос перестає охолоджувати воду в ємностях, то потік води перемикається на драйкулер, який встановлений в приміщенні теплового пункту (тепловий пункт відокремлюється від підвального поверху ґратчастою огорожею і з цього, для роботи драйкулера, використовується обсяг повітря всього підвального поверху). Якщо і це не знизить температуру води в ємностях, то відбувається автоматичне відкриття клапанів заповнення ємностей водою з водопроводу і злив нагрітої води в дренаж.

Для підтримки необхідної температури гарячої води на протязі всього періоду роботи підприємства, у проекті застосовується другий тип теплових насосів «повітря-вода». Ці теплові насоси включаються коли не працює система утилізації тепла від вакуум-насосів або не вистачає тепла від цієї системи, для нагріву гарячої води. Цей тип теплових насосів відбирає тепло із зовнішнього повітря і віддає його для нагріву гарячої води.

Тепловий насос «вода-вода» NUcean Tech OCT 040, MTA моноблочний та встановлюється у приміщенні теплового пункту.

Теплові насоси «повітря-вода» HeatGuard складаються з двох агрегатів – внутрішнього блоку і зовнішнього. До встановлення приймається 3 теплових насоса HeatGuard B120-24 FDC250VSA. Внутрішні блоки розміщуються у приміщенні теплового пункту, зовнішні – на відкритій площадці, зовні будівлі.

Зовнішні блоки встановлюються на металевій рамі. Фреоноводи проходять по рамах, у перфорованих лотках, та заходять до приміщення, де встановлені внутрішні блоки. Фреоноводи виконуються з мідних труб, та ізолюються

Інв.№ ор.	Підпис і дата	Зам. інв.№							Арк.
									43
			Кваліфікаційна робота магістра						
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата				

теплоізоляцією зі спіненого каучуку K-flex товщиною не менше 13мм. Дренажний трубопровід від зовнішніх блоків проходить вздовж рам та підводиться до дренажного прямокутника, а потім, з прямокутника вода перекачується до системи каналізації. Дренаж виконаний з розтрубної PVC труби діаметром 32, 50 мм, покритої теплоізоляцією зі спіненого каучуку K-flex товщиною не менше 13мм. Дренажний трубопровід підігривається від замерзання електричним грюючим кабелем. Включення та виключення підігріву автоматичне.

Внутрішні блоки встановлюються на металевій рамі. Теплові насоси підключаються до збірного колектора, а потім до буферної ємності.

Буферна ємність створює необхідний об'єм та працює як гідравлічний розділювач між ТН та системою нагріву гарячої води.

Приготування гарячої води відбувається у пластинчастому теплообміннику. Для зниження пікового теплового навантаження на систему приготування гарячої води, встановлюються накопичувальні ємності.

Циркуляція теплоносія по системах здійснюється за допомогою відцентрових циркуляційних насосів. Насоси монтується безпосередньо на трубопроводах системи. На насоси, які подають воду до та з системи охолодження вакуум-насосів встановлені частотні регулятори, які забезпечують плавне регулювання продуктивності в залежності від потреб.

Для компенсації теплового розширення застосовуються мембранні розширювальні баки.

Для заповнення трубопроводів системи нагріву гарячої води та підживлення при роботі, встановлюється система

Зам. інв.№
Підпис і дата
Інв.№ ор.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							44
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

автоматичного підживлення з іонообмінними картриджами.

Запірна арматура застосовується муфтова (до ду50) та фланцева (більше ніж ду50). У верхніх точках трубопроводів передбачаються автоматичні пристрої для випуску повітря.

Трубопроводи в теплопункті застосовані сталеві електрозварні по ГОСТ 10704-91* та стабілізовані поліпропіленові труби.

Антикорозійне покриття сталевих трубопроводів – ґрунт в два шари. Всі трубопроводи покриваються теплоізоляційним шаром зі спіненого каучуку товщиною не менше 13 мм.

Все устаткування працює в автоматичному режимі і не вимагає постійного перебування обслуговуючого персоналу.

Обслуговування обладнання пункту тепло-холодопостачання – періодичне.

3.3. Визначення точки бівалентності каскаду ТН «вода-вода»

Розрахункова потужність системи гарячого водопостачання в опалювальний період становить 79 кВт. Каскад систем теплових насосів «повітря-вода» «Heat Guard 250 S» у складі: зовнішні блоки – **FDC250VSA** (Mitsubishi Heavy Industries (Японія) та внутрішні блоки **HPS 20-25**. Потужність даних теплових насосів становить 81 кВт. Але це значення потужності теплового насосу вказане для температури зовнішнього повітря +2°C.

Спершу розраховуємо «фізичну» точку бівалентності. Для цього за допомогою програми Microsoft Excel та технічних даних про потужність теплового насосу «Heat Guard 250 S» з інструкції виробника будуємо графік залежності потужності каскаду ТН від

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Арк.
Інв.№ ор.							Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	45	

температури зовнішнього повітря та будемо для нього лінію тренду (рис. 5.1).

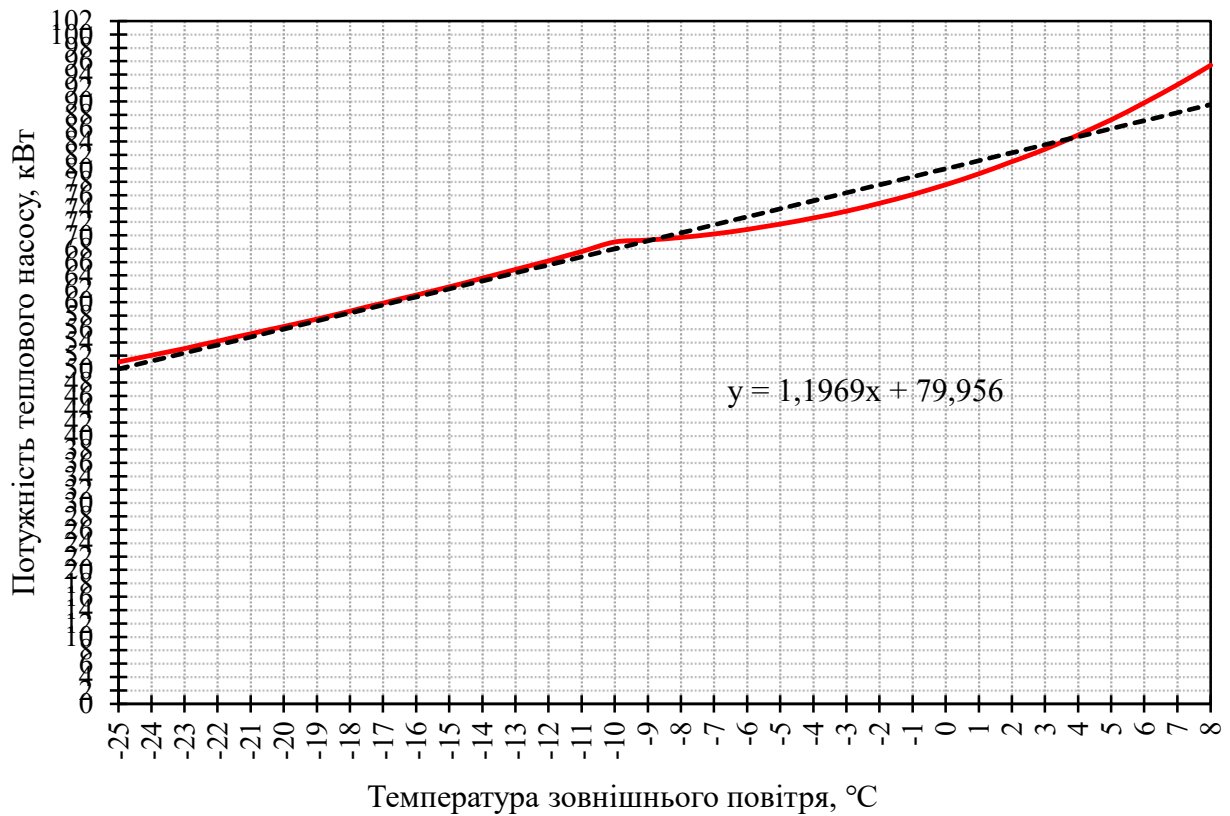


Рисунок 5.1 Графік залежності потужності каскаду теплових насосів «Heat Guard 250 S» від температури зовнішнього повітря та його лінійний тренд

Прирівнюємо рівняння відносної потужності системи опалення з отриманим рівнянням лінійного тренду:

$$\begin{cases} Q_i = 90 \cdot \frac{20 - t_i}{20 - (-22)} \\ Q_{out} = 1,1969t_i + 79,956 \end{cases} \rightarrow$$

Зам. інв.№о					
Підпис і дата					
Інв.№ ор.					
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата
Кваліфікаційна робота магістра					Арк.
					46

$$\rightarrow 1,1969t_i + 79,956 = 90 \cdot \frac{20 - t_i}{20 - (-22)} \rightarrow$$

$$\rightarrow 1,1969t_i + 79,956 = \frac{1800 - 90t_i}{42} \rightarrow$$

$$\rightarrow 50,2698t_i + 3\,358,152 = 1800 - 90t_i \rightarrow$$

$$\rightarrow t_i = -19,6$$

Отже, «фізична» точка бівалентності становить $-19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для графічного представлення «фізичної» точки бівалентності виконуємо побудову двох прямих, що відображають залежність теплового навантаження системи опалення та теплової потужності теплового насосу від температури зовнішнього повітря в одних осях координат. Для їх побудови виконуємо розрахунок теплового навантаження та потужності теплового насосу у двох точках – при розрахунковій температурі повітря на опалення та при температурі $+8^{\circ}\text{C}$.

Теплове навантаження системи ГВП в опалювальний період становить 79 кВт.

Потужність теплового насосу розраховуємо шляхом підстановки потрібних температур зовнішнього повітря в отримане рівняння лінійного тренду (рис. 5.2):

$$out\ Q^{-22} = 1,1969 \cdot (-22) + 79,956 = 53,6242\text{ кВт}$$

$$out\ Q^{+8} = 1,1969 \cdot (+8) + 79,956 = 85,5312\text{ кВт}$$

Інв.№ ор.	Підпис і дата	Зам. інв.№					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
								47
			Зм.	Кільк	Арк.	№док.		Підп.

На основі отриманих результатів будуюмо графіки.
«Фізична» точка бівалентності розташована на перетині прямих
(рис. 5.2).

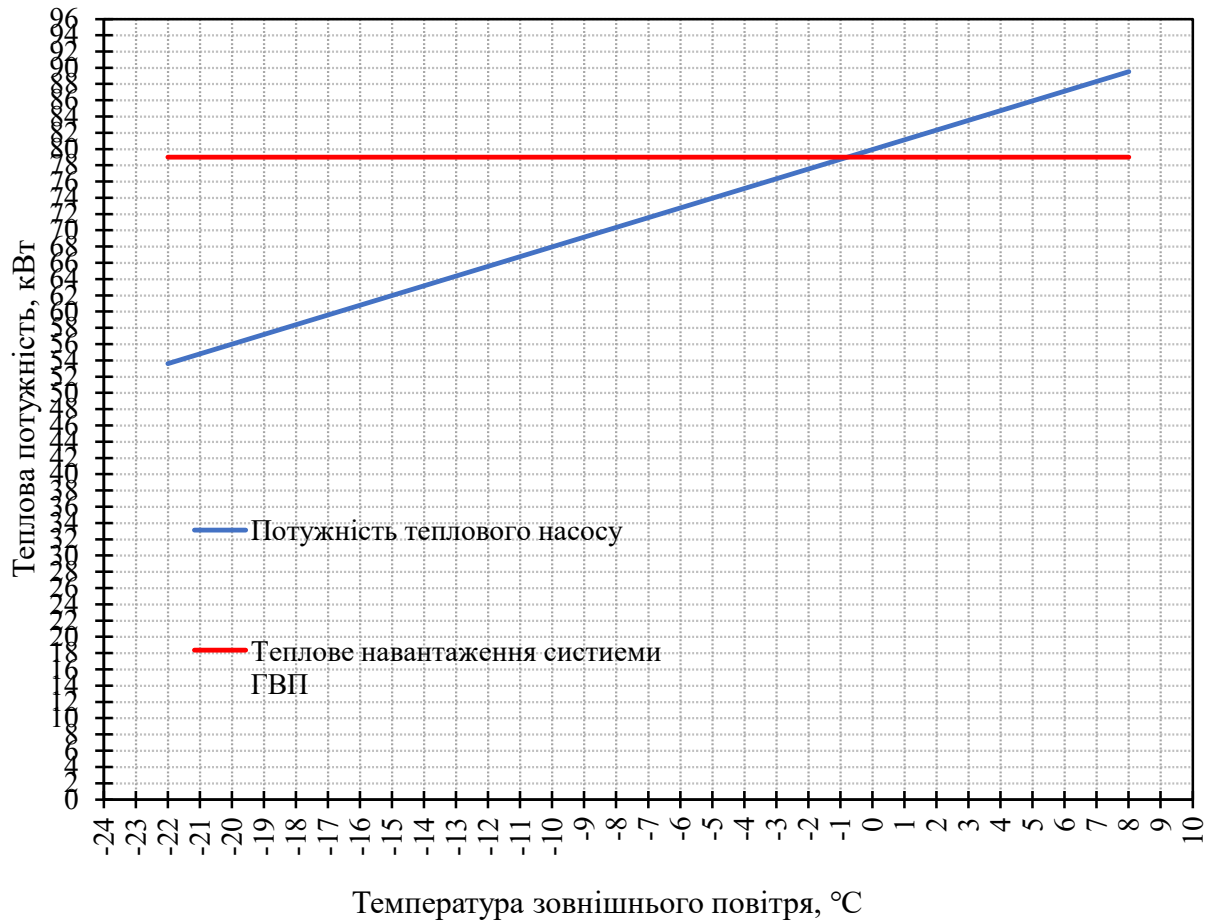


Рисунок 5.2 Графічне представлення «фізичної» точки бівалентності

Інв.№ ор.	Підпис і дата	Зам. інв.№					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	48		

РОЗДІЛ 4 Автоматизація

4.1. Склад об'єкту автоматизації

До складу системи технологічного охолодження вакуум-насосів та утилізації тепла для потреб приготування ГВП входять:

- Відкритий контур охолодження вакуум-насосів, з системою автоматичного підтримання рівня в ємностях К7.1, К7.2, та двома залежними контурами циркуляції охолоджуючої води, що сполучаються через відкриті ємності К7.1, К7.2: контур охолодження вакуумних насосів з циркуляційним насосом К14, та контур охолодження води в теплообмінниках теплового насоса вода-вода (В/В) К1 і вентиляторного сухого охолоджувача повітря-вода (П/В) К2 з циркуляційним насосом К13-2.

З метою резервування насосів К14 або К13-2 залежних контурів, запроваджено третій (резервний) насос К13-1, що вводиться в дію в ручну.

- Закритий контур приготування теплоносія для потреб непрямого нагріву ГВП, з підгрівом від теплообмінників конденсаторів теплового насоса (В/В) К1 та каскаду з 3-х теплових насосів повітря-вода (П/В) спліт-типу К3.1-К3.3 (допоміжний нагрів), з дубльованим циркуляційним насосом К15 (основний-резервний), та буферною ємністю теплових насосів К6;

- Контур непрямого підгріву води у баках запасу ГВП К8.1, К8.2, що сполучає буферну ємність теплових насосів К6 з баками запасу через теплообмінник К5, з дубльованими циркуляційними насосами К16 та К17 в контурах теплопостачання та ГВП, відповідно;

- Контур внутрішньо будинкової циркуляції ГВП через баки запасу К8.1, К8.2 з циркуляційним насосом К21. Баки запасу

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№ ор.	

Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

49

ГВП К8 обладнано термоелектричними нагрівачами для автоматичного (за необхідності) догріву ГВП в періоди пікового розбору.

4.2. Робота системи автоматизації

В процесі роботи системи в автоматичному режимі забезпечуються наступні функції:

- Підтримання температури води на вході в контур охолодження вакуум-насосів на рівні 20-15°C теплового насоса В/В К1. У періоди, коли відсутній запит на підігрів ГВП (температура в буферній ємності К6 досягла 55°C), або тепловий насос К1 не справляється з тепловим навантаженням, чи несправний, температура води на вході в контур охолодження вакуум-насосів підтримується на рівні 25°C регульованим охолодженням зовнішнім повітрям через теплообмінник П/В вентиляторного сухого охолоджувача К2. Продуктивність вентиляторів обдуву теплообмінника сухого охолоджувача регулюється плавно, по сигналу від регулятора температури води на вході в контур охолодження вакуум-насосів, за допомогою частотного інвертора А6. У періоди, коли продуктивність вентиляторів сухого охолоджувача К2 знижено (по команді від регулятора температури) до нуля, відсічний електроклапан М1 в контурі охолоджувача автоматично перекривається.

- Аварійне охолодження води у ємностях К7.1, К7.2 водопровідною водою, у разі досягнення температури 30°C у нижній частині ємностей з будь-яких причин, по команді від відповідних термостатів Т8, Т9, що управляють електроклапанами М2 та М3 подачі холодної водопровідної води у ємності.

Інв.№ ор.	Підпис і дата	Зам. інв.№							Арк.	
			Кваліфікаційна робота магістра							50
			Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

- Підтримання рівня води у відкритих ємностях К7.1, К7.2, шляхом автоматичного поповнення ємностей водопровідною водою у разі осушення електродів кондуктометричних датчиків рівня L1, L2, та аварійною зупинкою системи (з світлозвучовою сигналізацією) у разі осушення електродів кондуктометричних датчиків критично низького рівня L3, L4.

- Включення в роботу каскаду з 3-х теплових насосів К3.1-К3.3 типу П/В, у разі падіння температури води у буферній ємності К6 до 45°C через зниження (або відсутність) потреби в охолодженні вакуум-насосів тепловим насосом К1 типу В/В.

- Підтримання температури ГВП на виході з баків запасу К8.1, К8.2 на рівні 45°C, шляхом управління включенням циркуляційних насосів підігріву ГВП К16, К17, з рознесенням моментів запуску цих насосів у часі на 2 сек. ТЕН-ами в баках запасу К8.1, К8.2 здійснюється автоматичний догрів ГВП у разі падіння температури в баці нижче 40°C - наприклад, у періоди пікового розбору ГВП.

- АВР спарених циркуляційних насосів К15-К17 здійснюється по сигналу від датчиків потоку води у контурах F1, F3, F4 відповідно. Також, забезпечується автоматичне чередування роботи спарених насосів (з метою розподілення робочого навантаження), за допомогою реле пріоритету включення.

- У разі падіння тиску води у контурі теплопостачання до критичного рівня (50кПа), здійснюється послідовне в часі блокування роботи теплових насосів, і за тим, циркуляційних насосів К15, К16. Охолодження вакуум-насосів в такому випадку продовжується за допомогою сухого охолоджувача К2, та (за необхідності) – водопровідною водою.

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Арк.
Інв.№ ор.							Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота магістра	
						51	

- У разі падіння тиску води у контурі ГВП до критичного рівня (50кПа), здійснюється блокування роботи циркуляційних насосів К17, К21 та ТЕНів догріву ГВП у баках запасу К8.1, К8.2.
- Індикація температури в 4-х характерних точках системи (температура води на вході та виході контуру охолодження вакуум-насосів, температура в буферній ємності та в контурі циркуляції ГВП) забезпечується за допомогою 4-х рядного цифрового табло вимірювача-індикатора, що розташоване на панелі щита управління.

Інв.№ ор.	Підпис і дата					Зам. інв.№	
						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							52
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 5 Економічна ефективність

5.1. Економічна ефективність капіталовкладень

Згідно [10] розглянемо економічну ефективність капіталовкладень. Відповідно до Закону України «Про інвестиційну діяльність» інвестиції розглядаються як вкладення капіталу (майнових та інтелектуальних цінностей) в об'єкти підприємницької та інших видів діяльності з метою його подальшого збільшення, отримання соціального ефекту та ін. Вкладання у відтворення основних фондів (будинків, споруд, передавальних пристроїв, устаткування, обладнання) називаються капітальними вкладеннями.

Джерелом приросту капіталу і головним мотивом інвестування є одержуваний прибуток (економія). Метою здійснення будь-яких інноваційних заходів є вирішення технічно-економічних завдань, спрямованих на впровадження нових технологій і зниження експлуатаційних витрат. Впровадження науково-технічного прогресу на всіх етапах інноваційної діяльності має супроводжуватися глибоким і всебічним оцінюванням їхньої економічної доцільності з погляду порівняння базового та рекомендованого варіантів. Залежно від теми проекту, цілей розрахунків, обсягу капітальних вкладень, терміну їх засвоєння розрахунки економічної ефективності можна виконувати за допомогою таких методичних положень:

1. Ефективність інвестиційних проектів у розвиток залізничної автоматики, які характеризуються великим обсягом коштів, тривалим терміном їх будівництва та засвоєння.

2. Як перевищення вартісної оцінки результатів над

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ор.

Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

вартісною оцінкою сукупних затрат ресурсів за весь період (термін) здійснення заходів з НТП (інтегральний економічний ефект).

3. Комерційна ефективність розроблення, виготовлення та продажу інтелектуальної власності.

4. Ефективність заходів, які характеризуються невеликим обсягом капітальних вкладень, швидким терміном їхньої окупності, незмінності за роками терміну дії заходу вартісного оцінювання результату і витрат.

1 Методи оцінювання ефективності капіталовкладень

Існують два основних методи оцінювання ефективності:

- прості (статичні);
- динамічні (методи дисконтування).

До статичних методів оцінювання ефективності належать розрахунок звичайного терміну окупності капіталовкладень і простої норми прибутку.

1 Звичайний термін окупності ($T_{ок}$), роки – це розрахунковий період відшкодування капіталовкладень (інвестицій) за рахунок прибутку:

$$T_{ок} = SK/P_p, \quad (1.1)$$

де SK – капітальні вкладення; P_p – прибуток від експлуатаційної діяльності.

Зам. інв. №									
Підпис і дата									
Інв. № ор.									
									Арк.
									54
	Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота магістра		

2 Проста норма прибутку (рентабельність капіталу)

$$P_n = \Pi_p / CK \cdot 100\% \quad (1.2)$$

Показує ту частину капіталовкладень, що повертається інвестору у вигляді прибутку за один інтервал планування. На попередній стадії, порівнюючи розрахункову норму прибутку та мінімальний або середній рівень прибутковості, інвестор може дійти висновку про доцільність подальшого аналізу розглядуваного варіанта проекту.

Динамічні методи оцінювання ефективності більш точні і широко розповсюджені у світовій практиці. Вони засновані на методах дисконтування і базуються на цілому ряді принципів.

1 Оцінювання відшкодування інвестиційного капіталу за рахунок чистого грошового потоку (надходжень у вигляді сум чистого доходу або прибутку, економії собівартості), а також суми амортизаційних відрахувань.

2 Дисконтування (приведення до теперішньої вартості) як інвестиційного капіталу, так і сум грошового потоку.

3 Вибір диференційованої ставки відсотка (дисконтної ставки) у процесі дисконтування грошового потоку.

4 Варіація значень використовуваної ставки відсотка для дисконтування залежно від цілей оцінювання.

За ставку відсотка для дисконтування можна прийняти середню депозитну або кредитну ставку, ставку позичкового відсотка; індивідуальну норму прибутковості (рентабельності) капіталовкладень з урахуванням рівня інфляції, рівня ризику і

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ор.	

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							55
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

ліквідності; альтернативну норму прибутковості капіталовкладень або поточної експлуатаційної діяльності.

Процес оцінювання ефективності капіталовкладень має три етапи.

Перший етап – розрахунок обсягу капіталовкладень і суми майбутніх грошових надходжень (потоків).

Другий етап – дисконтування. Очікувані грошові надходження приводяться до теперішньої вартості шляхом множення на ставку дисконту.

Третій етап – оцінювання ефективності. Порівнюючи теперішню вартість дисконтованих очікуваних грошових надходжень і витрат, оцінюють ефективність капіталовкладень. Якщо дисконтована вартість надходжень (приплив) вище, ніж витрати (відтік), то проект приймають до реалізації, в іншому випадку відхиляють.

5.2. Показники економічної ефективності

1 Чистий дисконтований дохід (ЧДД) – це різниця між приведеною до сучасного моменту (тобто до теперішньої вартості) шляхом дисконтування сумою надходжень від реалізації проекту і сумою капіталовкладень та інших дисконтованих витрат, що виникають під час реалізації проекту за весь період його експлуатації:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^n \text{ДП}_t K_{dt} - (\sum \text{СК} + P_n), \quad (2.1)$$

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Арк.
Інв.№ ор.							Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота магістра	
						56	

де $\Sigma ДП_t K_{dt}$ – сума дисконтованого грошового потоку (чистого доходу в теперішній вартості) за весь період експлуатації проекту (або за період до початку нових вкладень у проект);

$\Sigma СК + P_{\pi}$ – сума капіталовкладень на реалізацію проекту (варіанта) та інших витрат, пов'язаних з реалізацією проекту.

Грошовий потік t-го року (ДП_t)

$$ДП_t = П_{pt} + A_t, \quad (2.2)$$

де $П_{pt}$ – чистий дохід (прибуток) від експлуатації об'єкта, або економія собівартості t-го року;

A_t – річна сума амортизаційних відрахувань на основні фонди (амортизація по капіталовкладеннях).

Дисконтований грошовий потік t-го року

$$ДДП_t = ДП_t \cdot K_{dt} \quad (2.3)$$

Дисконтний множник грошового потоку t-го року

$$K_{dt} = 1/(1+E_k)^T, \quad (2.4)$$

де E_k – дисконтна ставка відсотка, що задається інвестором

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Арк.
Інв. № ор.							Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота магістра	
						57	

самостійно залежно від умов інвестування;

t – період експлуатації проекту (термін служби основних фондів), період від початку інвестування до нових вкладень у проект і т. п.

2 Індекс дохідності (прибутковості) (ІД) – це співвідношення суми чистої приведеної вартості доходів за період життя проекту (дисконтованого чистого грошового потоку $\Sigma ДДП_t$) та обсягу капіталовкладень $\Sigma СК$:

$$ІД = \Sigma ДДП_t / \Sigma СК \quad (2.5)$$

Індекс дохідності (прибутковості) показує відносну дохідність (прибутковість) проекту або дисконтовану вартість чистого грошового потоку (грошових надходжень) від проекту в розрахунку на одну одиницю капіталовкладень.

3 Період окупності (ПО) – співвідношення суми капіталовкладень і середньої річної суми дисконтованого чистого грошового потоку:

$$ПО = СК / ДДП_r, \quad (2.6)$$

де $ДДП_r$ – середня за рік сума дисконтованого чистого грошового потоку,

$$ДДП_r = ДДП / t, \quad (2.7)$$

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ор.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							58
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

де t – термін експлуатації об'єкта.

На відміну від показника «термін окупності капіталовкладень» період окупності базується не на прибутку, а на теперішній вартості чистого грошового потоку та дисконтованих капіталовкладеннях.

4 Внутрішня норма прибутковості (рентабельності) (ВНД) визначається дисконтною ставкою, за якою майбутня чиста вартість грошового потоку від капіталовкладень буде приведена до теперішньої вартості:

$$\text{ЧДД} = \sum (\text{ДДП} / (1 + \text{ВНД})^t) - \text{СК} = 0 \quad (2.8)$$

Характеризує рівень прибутковості проекту. ВНД є тією межею, нижче якої проект дає негативну загальну прибутковість.

Формула інтерполяції ставки дисконту

$$\text{ВНД} = E_{k1} + \text{ЧДД}_1 (E_{k2} - E_{k1}) / (\text{ЧДД}_1 - \text{ЧДД}_2). \quad (2.9)$$

Кожен інвестор самостійно встановлює критеріальний показник ВНД, так звану «граничну ставку внутрішньої норми прибутковості» залежно від критеріїв, якими керуються експерти (макроекономічної ситуації, рівня ризиків, вартості капіталу, співвідношення позиченого і власного капіталу та ін.).

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ор.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							59
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

Проект є привабливим, якщо ВНД перевищує базу порівняння (вартість капіталу, ставку по довгострокових банківських активах у даній галузі, максимальну ставку по кредитах і т. п.). Внутрішня норма рентабельності визначає максимальну ставку плати за джерела фінансування, при якій він залишається беззбитковим.

Методика розрахунку економічного ефекту

Основним узагальнюючим показником ефективності інноваційних проектів є показник економічного ефекту.

Економічний ефект від впровадження інноваційного заходу визначається згідно з умовами використання продукції за розрахунковий період. Сукупний економічний ефект визначається як перевищення вартісної оцінки результатів над вартісною оцінкою сукупних витрат за термін здійснення інноваційного заходу:

$$\mathcal{E} = P - Z, \quad (2.10)$$

де \mathcal{E} – економічний ефект заходу;

P – вартісна оцінка результатів від здійснення інноваційного заходу за розрахунковий період;

Z – вартісна оцінка затрат на здійснення інноваційного заходу за розрахунковий період.

У більшості випадків основними показниками оцінювання

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв. № ор.	Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	60

загальної економічної ефективності інвестиційних проектів на енергетичних підприємствах виступають чистий дисконтний дохід і термін окупності інвестицій.

Чистий дисконтований дохід (ЧДД), або інтегральний ефект, визначається як сума поточних ефектів за весь розрахунковий період, приведені до початкового року, або як перевищення інтегральних результатів над інтегральними витратами.

Розмір ЧДД визначається за формулою

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1+E)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1+E)^t}, \quad (2.11)$$

де R_t – результати, що досягаються на t -му році розрахунку (дохід);

Z_t – витрати (поточні та інвестиції в нові пристрої), здійснювані в тому самому році;

K_t – супутні і сполучені інвестиції (вкладення в інші об'єкти, будівництво або реконструкція яких необхідні для нормального функціонування основного об'єкта, вкладення в суміжні галузі народного господарства, що забезпечують основними й оборотними коштами наступну експлуатацію об'єкта);

До узагальнюючого показника слід віднести і показник рентабельності проекту. Разом з узагальнюючими можуть використовуватися і часткові показники ефективності. Вони служать для оцінювання окремих важливих сторін ефективності виробництва, аналізу факторів виникнення економічного ефекту, перевірки вихідних мотивів, що послужили підставою для розгляду різних варіантів реалізації проекту. Часткові показники

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв. № ор.							61
	Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	

ефективності визначаються відношенням економічного результату (ефекту) до витрат будь-якого одного виробничогосподарського ресурсу, тобто відношенням результату до відповідних витрат – показник продуктивності праці, до основних виробничих фондів – показник фондівіддачі, до капітальних вкладень – показник загальної ефективності капітальних вкладень. Частковими показниками ефективності можуть служити показники фондоемності, трудомісткості, матеріалоемності, енергоемності, витрат на 1 грн товарної продукції, внутрішньої норми дохідності, валютної вигідності проекту та ін.

Економічний ефект інноваційного проекту розраховується за установлений відрізок часу, що називається розрахунковим періодом.

Початковим роком розрахункового періоду ($t_{п}$) приймається рік початку фінансування робіт зі здійснення проекту, включаючи проведення наукових досліджень.

Кінцевим роком розрахункового періоду ($t_{к}$) в більшості випадків є момент завершення всього життєвого циклу інноваційного проекту, що включає розроблення, освоєння, серійне виробництво, а також використання результатів здійснення проекту в народному господарстві.

Під життєвим циклом інноваційного проекту розуміється період часу від початку здійснення заходу (початку фінансування робіт) до повного завершення випуску продукції, здійснюваного з використанням науково-технічних розробок даного проекту.

Наприклад, якщо розроблення нового технологічного обладнання відбувається протягом одного року, його

Зам. інв.№
Підпис і дата
Інв.№ ор.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							62
Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

виробництво планується здійснювати протягом п'яти років, а нормативний термін служби цього устаткування у сфері його використання складає десять років, то життєвий цикл даного проекту – шістнадцять років (1+5+10). Устаткування, виготовлене в останньому (п'ятому) році його виробництва, буде використовуватися ще протягом десяти років.

Сумарний економічний ефект інноваційного проекту може бути визначений станом на будь-який рік його життєвого циклу (розрахункового періоду). Цей рік називається розрахунковим роком й обирається залежно від цілей розрахунку.

Сумарний економічний ефект за роками розрахункового періоду визначається як перевищення сумарної вартісної оцінки результатів інноваційного проекту за розрахунковий період над вартістю оцінок сукупних витрат на здійснення інноваційного проекту за розрахунковий період:

$$\mathcal{E}_T = \sum_{t=t_{II}}^{t_K} \mathcal{E}_t \cdot \alpha_t = \sum_{t=t_{II}}^{t_K} P_t \cdot \alpha_t - \sum_{t=t_{II}}^{t_K} Z_t \cdot \alpha_t = \sum_{t=t_{II}}^{t_K} (P_t - Z_t) \cdot \alpha_t, \quad (2.12)$$

де \mathcal{E}_t – економічний ефект у t – му році розрахункового періоду;

P_t – вартісна оцінка результатів заходу в t – му році розрахункового періоду;

Z_t – вартісна оцінка витрат усіх ресурсів у t – му році розрахункового періоду;

α_t – коефіцієнт приведення результатів, витрат економічного ефекту різних років до розрахункового року;

t_{II} – початковий рік розрахункового періоду;

Інв.№ ор.	Підпис і дата	Зам. інв.№							Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
										63
			Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

t_k – кінцевий рік розрахункового періоду.

Вартісна оцінка супутніх результатів включає додаткові економічні результати в різних сферах народного господарства, а також економічні оцінки соціальних та екологічних наслідків реалізації інноваційного проекту. Необхідність урахування соціальних, екологічних факторів і сукупних економічних результатів у розрахунках ефективності обумовлена посиленням соціальної спрямованості інноваційних проектів, більш повним обліком наслідків (як позитивних, так і негативних) їхньої реалізації.

Вартісна оцінка результатів за розрахунковий період визначається за формулою

$$P_T = \sum_{t=t_{II}}^{t_K} P_t \cdot \alpha_t, \quad (2.13)$$

де P_t – вартісна оцінка результатів у t -му році;

t_{II} , t_k – початковий і кінцевий роки розрахункового періоду відповідно.

Вартісна оцінка результатів визначається як сума основних (P_o) і супутніх результатів (P_c). Основні результати – це результати, одержані в галузі, де впроваджується захід НТП. Супутні результати – це результати, одержані в суміжних галузях.

Достовірне оцінювання ефективності інноваційного проекту – безпомилковий вибір кращого варіанта розглянутих технічних організаційних рішень в основному залежить від правильного

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ор.

						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
							64
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

урахування витрат на здійснення заходів.

Незалежно від характеру і цілей інноваційного проекту при визначенні витрат необхідно керуватися такими основними принципами:

- при визначенні ефекту до сумарних витрат включаються витрати як на розроблення і виробництво, так і використання нової техніки у всіх сферах народного господарства;
- до складу витрат входять види поточних та одноразових витрат як у виробничій, так і невиробничій сфері;
- при визначенні сукупних витрат на проект, що охоплює розроблення, виробництво і використання нової техніки, неприпустиме повторне урахування витрат;
- у розрахунках витрат необхідно враховувати динаміку за всіма роками розрахункового періоду.

При розрахунку інтегрального економічного ефекту сукупні витрати на реалізацію інноваційного проекту за розрахунковий період включають витрати у сфері розроблення і виробництва нової техніки, а також витрати у сфері її використання.

$$Z_T = Z_T^B + Z_T^И, \quad (2.14)$$

де Z_T – сукупні витрати на реалізацію проекту за розрахунковий період;

Z_T^B – витрати на розроблення і виробництво нової продукції за розрахунковий період;

$Z_T^И$ – витрати при використанні нової продукції за

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв. № ор.	Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Арк.

розрахунковий період.

Витрати на розроблення і виробництво нової продукції, а також витрати при її використанні враховуються однаково підсумовуванням поточних та одноразових витрат з урахуванням зміни вартості грошей протягом розрахункового періоду:

$$Z_T^{B(II)} = \sum_{t=t_H}^{t=t_K} Z_t^{B(II)} \cdot \alpha_t = \sum_{t=t_H}^{t=t_K} (E_t + K_t - L_t) \cdot \alpha_t, \quad (2.15)$$

де $Z_T^{B(II)}$ – величина витрат у сфері виробництва або використання нової продукції за розрахунковий період;

$Z_t^{B(II)}$ – величина витрат у сфері виробництва або використання нової продукції у році t ;

E_t – поточні витрати при виробництві або використанні нових пристроїв без урахування амортизаційних відрахувань на реновацію в році t ;

K_t – одноразові витрати (витрати на науково-дослідницькі і проектно-конструкторські роботи, капітальні вкладення в основні фонди і т. п.) при виробництві чи використанні нової техніки в році t ;

L_t – залишкова вартість (ліквідаційне сальдо) основних фондів, що вибувають у році t .

Поточні витрати (E_t) в році t на утримання нових пристроїв:

$$E_t = E_{зп} + E_{соц} + E_M + E_{ел} + E_{ін}, \quad (2.16)$$

Зам. інв. №									
Підпис і дата									
Інв. № ор.									
									Арк.
									66
	Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота магістра		

де $E_{зп}$ – витрати на зарплату персоналу, що обслуговує пристрої підприємства;

$E_{соц}$ – витрати на соціальні заходи;

$E_{м}$ – витрати на матеріали і запасні частини для ремонту та заміну елементів пристроїв;

$E_{ел}$ – витрати на електроенергію;

$E_{ін}$ – інші витрати.

Витрати на заробітну плату

$$E_{зп} = (\Delta Ч_{тш} \cdot E_{зп.ср} \cdot K_{д}) \cdot 12, \quad (2.17)$$

де $\Delta Ч_{тш}$ – технічний штат;

$E_{зп.ср}$ – середньомісячна заробітна плата, грн;

$K_{д}$ – коефіцієнт, який враховує доплати, премії, винагороду за вислугу років.

Витрати на соціальні заходи

$$E_{соц} = E_{зп} \cdot K_{соц}, \quad (2.18)$$

де $E_{зп}$ – річний фонд заробітної плати додаткового технічного штату;

Інв.№ ор.	Підпис і дата	Зам. інв.№					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
								67
			Зм.	Кільк	Арк.	№док.		Підп.

$K_{\text{соц}}$ – коефіцієнт відрахування на соціальні заходи (можна прийняти $K_{\text{соц}} = 0,22$).

До складу одноразових витрат (E_t) включають як капітальні вкладення в пристрої, так і інші витрати одноразового характеру, необхідні для створення і використання продукції.

До одноразових витрат належать:

- витрати на науково-дослідні, експериментальні, конструкторські, технологічні і проектні роботи;
- витрати на освоєння виробництва і доопрацювання дослідних зразків продукції;
- витрати на придбання, доставку, монтаж, налагодження, освоєння, демонтаж пристроїв;
- витрати на будівництво, реконструкцію будівель і споруджень, необхідні виробничі площі й інші елементи основних фондів, пов'язаних зі здійсненням заходу.

Ці витрати визначаються на основі об'єктно-орієнтованих проектів діючими кошторисами, цінами, а також за аналогією з раніше здійснюваними проектами.

Якщо на кінець розрахункового періоду залишаються основні фонди, які можна використовувати ще ряд років, то величина (L_t) визначається як залишкова вартість цих фондів.

Період повернення загальної суми одноразових витрат визначається як період, що починається з початкового року вкладення одноразових витрат до року, коли починає виконуватися така умова:

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв. № ор.							68
	Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	

$$\sum K_t \cdot \alpha_t \leq \sum (P_t - I_t) \cdot \alpha_t \quad (2.19)$$

Оскільки не завжди можна оцінити результати (доходи) у вартісному вимірюванні, то оцінюють ефективність через розрахунок економії витрат, одержаної від впровадження заходу, порівняно з витратами до його впровадження. У цьому випадку йдеться не про економічний ефект, а про приріст економічного ефекту, який чисельно дорівнює економії витрат.

Визначення економічного ефекту проводиться за умови обов'язкового приведення різнотермінових вартісних оцінок результатів і затрат до єдиного моменту часу – розрахункового року (t_k) – за допомогою коефіцієнта приведення (α_t).

Приведення різнотермінових результатів і затрат усіх років періоду реалізації заходу до розрахункового року здійснюється множенням їхньої вартісної оцінки за кожний рік на коефіцієнт приведення (дисконтування).

Для приведення результатів і затрат (P_t, Z_t) будь-якого року (t) до першого року життєвого циклу проекту (при дисконтуванні) застосовується формула

$$\alpha_t = \frac{1}{[(1+E)(1+I+R)]^{t_k}}, \quad (2.20)$$

де E – середня річна ставка комерційних банків за депозитними вкладками (дисконтна ставка), частки одиниці. При 20 % річних $E = 0,2$;

R – ставка, що враховує ступінь ризику здійснення проекту,

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв. № ор.	Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	69

в долях одиниці;

I – середньорічний темп інфляції, що прогнозується в період здійснення проекту 8 %;

t_k – кількість років, що відділяють розрахунковий рік від року, результати і затрати якого приводяться до розрахункового року.

Для приведення результатів і затрат (P_t, Z_t) будь-якого року (t) до останнього року життєвого циклу проекту застосовується формула

$$\alpha_t = \frac{(1+E)^{t_k}}{(1+I)^{t_k}} = \left(\frac{1+E}{1+I} \right)^{t_k}, \quad (2.21)$$

де E – середня річна ставка комерційних банків за депозитними внесками. При 20 % річних $E = 0,2$;

I – середньорічний темп інфляції, що прогнозується в період здійснення проекту (5 %);

t_k – кількість років, що відділяють розрахунковий рік від року, витрати якого приводяться до розрахункового року.

Розрахунки кількісних значень показників результатів і витрат на обраний горизонт розрахунку (T, p) доцільно виконати у вигляді таблиці (таблиця 2.1), яка має наглядну форму і дає можливість за наростаючим підсумком простежити ефективність від впровадження та використання нових технологій і техніки, наприклад за обраний період її експлуатації (горизонт у T, p), який у таблиці 2.1 обрано на 8 років.

Розрахунок ефективності впровадження на горизонт 8 років подано в таблиці 2.1.

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Кваліфікаційна робота магістра
Інв.№ ор.							Арк.
	Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	

Таблиця 2.1

Показник	Роки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Економія експлуатаційних витрат, грн								
2 Разом надходження грошових коштів, грн								
3 Інвестиції, грн								
4 Додаткові експлуатаційні витрати, грн								
5 Чистий потік грошових коштів (п. 1+п. 2 – п. 3 –п. 4) (ЧПГК), грн								
6 Те саме наростаючим підсумком (ЧПГК), грн								
7 Коефіцієнт приведення α_t (дисконтування)	1,000	0,9091	0,8264	0,7513	0,6830	0,6209	0,5642	0,5130
8 Дисконтований чистий дохід (ЧДД), грн								
9 Те саме наростаючим підсумком, грн								

За результатами розрахованих у таблиці 2.1 потоків грошових коштів визначаються:

– термін окупності інвестицій у проект, роки,

$$T_{ок} = t_1 + \frac{ЧПГК_{t_1} \cdot (t_2 - t_1)}{ЧПГК_{t_2} + |ЧПГК|_{t_1}}; \quad (2.22)$$

– дисконтований термін окупності інвестицій:

$$T_{окд} = t_1 + \frac{ЧДД_{t_1} \cdot (t_2 - t_1)}{ЧДД_{t_2} + |ЧДД|_{t_1}}; \quad (2.23)$$

– внутрішня норма дохідності інвестицій

$$\varepsilon = \frac{1}{T_{ок}}, \quad (2.24)$$

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ор.

Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

де t_1 – останній рік, коли ЧПГК (ЧДД) мали негативне значення ($ЧПГК_{t_1}$, $ЧДД_{t_1}$);

t_2 – перший рік, коли ЧПГК (ЧДД) мали позитивне значення ($ЧПГК_{t_2}$, $ЧДД_{t_2}$).

5.3. Оцінювання ефективності впровадження теплових насосів для забезпечення потреб ГВП

Орієнтовна вартість впровадження проекту становить – 5 000 000,00 грн без ПДВ.

Ціна теплової енергії від тепломережі становить – 2,84 грн / кВт.

Ціна електричної енергії становить – 6,00 грн / кВт.

Витрати теплової енергії на добу – 720 кВт/добу

Витрати теплової енергії на рік – $720 \times 24 \times 12 = 207\,360$ кВт/рік

Витрати електричної енергії тепловими насосами (при COP = 4,13) на рік – $207\,360 / 4,13 = 50\,208$ кВт/рік

Річні вартість теплової енергії від тепломережі – $207\,360 \times 2,84 = 588\,902,40$ грн

Річна вартість електричної енергії витрачена тепловими насосами – $50\,208 \times 6 = 301\,248$ грн

Річна економія від застосування теплових насосів – $588\,902,40 - 301\,248 = 287\,654,40$ грн

Простий термін окупності – $5\,000\,000,00 / 287\,654,40 = 17,4$ років

Значний термін окупності спричинений заниженою вартістю теплової енергії, та після завершення військового стану очікується значне підняття тарифів, що призведе до скорочення термінів окупності встановлення теплових насосів.

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № ор.						Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
			Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	

Б.А.2.2-5:2007. [Чинний від 2008-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 43 с.

8. Економічна ефективність капіталовкладень. Методичні рекомендації. «Економіка, організація та планування виробництва / В.Г. Яковенко, О.В, Клецька. Харків 2020 – 26 с.
9. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами ДСТУ Б В.2.5-44:2010 (EN 15450:2007, MOD), Київ, Мінрегіонбуд України, 2010, 56 с.
10. Низькопотенційні джерела енергії. Практикум, Ю.П. Вишневська, Київ, КПІ і. Ігоря Сікорського, 2023, 43 с.
11. Методичні вказівки. Теплонасосні системи опалення та гарячого водопостачання. В.Д. Петраш, Одеса ІГБЦІ, 2020, 87 с.
12. Оцінка економічної ефективності інвестиційних проектів: методичні вказівки до виконання розділу курсового проекту, випускової та дипломної роботи (проекту) з використанням комп'ютерної техніки для студентів економічних та технічних спеціальностей денної та заочної форми навчання. / уклад.: Л.Г. Цимбалюк, О.Г. Дерев'янку. – К.: УДУХТ, 1998.– 16 с.
13. Аналіз ефективності роботи повітряного теплового насоса залежно від коливань температури зовнішнього повітря, О.В. Шаповал, Н.В. Чепурна, М.А. Кириченко, Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Вип. 37, 2021, 7 с.
14. Арсенєв В. М. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навчальний посібник / В. М. Арсенєв, С. С. Мелейчук. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 364 с.
15. Безродний М. К. Термодинамічна ефективність теплонасосних схем теплопостачання / М. К. Безродний, Н. О. Притула // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – №3. – С. 39-45.

Зам. інв.№							Арк.
Підпис і дата							Арк.
Інв.№ ор.							76
	Зм.	Кільк	Арк.	№док.	Підп.	Дата	