

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

**ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ
ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ М.МАЛИН ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

МИСЛИЦЬКИЙ ДМИТРО МИХАЙЛОВИЧ

Київ2023р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ К.М. Предун

«__» _____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ
ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ М.МАЛИН ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Виконав студент групи ТВм-22-1

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: теплогазопостачання і вентиляція

Мислицький Дмитро Михайлович

Керівник Жук Г.В.,
д.т.н., професор

Ідентичність підтверджую

Київ2023р.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. Аналіз існуючого становища систем теплопостачання населених пунктів України	8
1.1. Нормативно правове забезпечення	17
1.2. Директиви розвитку відновлюваних джерел енергії у світі та Україні 26	
1.3. Шляхи вдосконалення.....	33
2. Реконструкція системи централізованого теплопостачання міста Малин, Житомирська область (на прикладі котельні вул.Барміна).	38
2.1. Існуюче становище.....	38
2.2. Розрахунок теплових навантажень	40
2.3. Мета реконструкції. Обґрунтування прийнятих рішень	43
3. Потреба у тепловій енергії, паливі.....	50
3.1. Існуюче становище котельні по вул.Барміна м. Малин Житомирської області.	50
3.2. Після реконструкції.....	54
3.3. Висновки.....	57
4. Еколого економічне обґрунтування прийнятих рішень	58
4.1. Розрахунки викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферне повітря.....	58
4.1.1. Існуюче становище та після модернізації.....	59
4.2. Економічні розрахунки	60
4.2.1. Вартість обладнання для переоснащення	60
4.2.2. Плата за викиди	60

4.2.3. Плата за газ та електроенергію	61
4.3. Окупність прийнятих рішень	63
5. Заходи з охорони праці.....	64
5.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	65
5.2. Будівля котельні.....	67
5.3. Організаційні заходи з техніки безпеки	68
5.4. Безпечна експлуатація обладнання котельні	69
5.5. Електробезпека	70
5.6. Оптимальні санітарно-гігієнічні умови праці	74
5.7. Безпека в надзвичайних ситуаціях	84
5.8. Пожежна безпека в котельні.....	88
6. Заходи з автоматизації.....	92
6.1. Аналіз існуючих розробок.....	93
6.2. Дослідження та аналіз теплових втрат на ділянки трубопроводу за одну годину, Вт	97
6.3. Дослідження та аналіз існуючих сервісів прогнозу погоди.....	99
6.4. Аналіз датчиків температури, сумісних з Arduino.....	103
6.5. Розробка алгоритму автоматичної зміни температури теплоносія в тепломагістралі.....	111
6.6. Алгоритм роботи автоматичного зміну температури теплоносія в залежності від температури повітря та прогнозу погоди на базі нечіткої логіки	112
6.7. Матриця відповідності правил до функцій належності параметрів.	114
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	115

ВСТУП

Атестаційна випускна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за темою: «ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ М.МАЛИН ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ».

Актуальність

Актуальність теми роботи полягає в тому, що відновлювані джерела енергії (ВДЕ) стають все більш популярними і важливими для сучасного світу, який стикається з проблемами зміни клімату, залежності від викопного палива і нестабільності енергетичних ринків. Одним із напрямків застосування ВДЕ є забезпечення потреб житлового сектору в тепловій енергії для опалення та гарячої води, які складають значну частину енергоспоживання. Гібридні системи на основі теплових насосів, які з більшою економічною вигодою виробляють тепло, можуть бути оптимальним варіантом для покращення енергетичної продуктивності та надійності систем теплопостачання житлових будинків. Такі системи дозволяють знизити споживання природного газу або інших видів викопного палива, що призводить до зменшення вартості експлуатації, забруднення атмосфери та впливу на глобальне потепління. Дослідження в цьому напрямку можуть сприяти створенню нових концепцій та методик проектування, моделювання та оптимізації гібридних систем на основі теплових насосів, а також розширенню їх застосування в реальних умовах.

Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) мають великий потенціал для покращення енергетичної ситуації в Україні. Відновлювані джерела енергії допоможуть покращити економічний, технічний, соціальний та екологічний стан галузі, зменшивши залежність від імпортованих видів палива та знизивши викиди парникових газів. Тому, використання ВДЕ є важливим

кроком для розвитку теплопостачання в Україні та досягнення синергетичного ефекту.

Мета роботи

Робота проведена з метою довести основні принципи покращення за допомогою ВДЕ технічного, економічного, екологічного та соціального стану теплопостачання джерелами яких є міські котельні.

У роботі вирішено такі задачі

1. Аналіз існуючого становища систем теплопостачання населених пунктів України.
2. Аналіз нормативно правового забезпечення в галузі
3. Шляхи вдосконалення систем теплопостачання
4. Шляхи використання ВДЕ в Україні
5. Аналіз напрямків розвитку відновлюваних джерел енергії у світі та Україні
6. Аналіз типів існуючих теплових насосів для використання в міських котельнях.
7. Спроектовано гібридну систему шляхом поєднання теплового насоса та існуючих котлів, працюючих на природному газі. Наведено схему проекту модернізованої системи міської котельні з використанням теплового насоса повітря-вода та існуючого обладнання.
8. Розроблені заходи з автоматизації гібридної системи для підвищення фінансових та екологічних показників у використанні.
9. Розраховано ефективність та приведені отримані переваги використання модернізованої системи з ВДЕ в порівнянні з існуючим становищем.

Ключові слова: міські котельні, ефективність, енергоефективність, екологічність, покращення, теплопостачання, гібридні системи, модернізація, теплові насоси.

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНОВИЩА СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ УКРАЇНИ

Однією з найважливіших сфер життєдіяльності населення є теплопостачання, яке забезпечує комфортні умови проживання та виробництва. Однак, сьогодні Україна стикається з рядом проблем у цій галузі, які потребують невідкладного вирішення. Серед них можна виділити:

- Високий рівень зношеності та застарілості обладнання на всіх етапах теплопостачання: виробництво, транспортування, розподіл та споживання.
- Низька енергоефективність та екологічність систем централізованого теплопостачання, що призводить до великих втрат тепла, забруднення навколишнього середовища та підвищення енергозалежності країни.
- Несправедлива та непрозора система ціноутворення на послуги з теплопостачання, яка не враховує реальну собівартість виробництва та споживання тепла, а також не стимулює енергозбереження та модернізацію систем.
- Низька якість та надійність послуг з теплопостачання, яка не задовольняє потреби споживачів, особливо у період опалювального сезону.

У зв'язку з цим, багато споживачів шукають альтернативи централізованому теплопостачанню і переходять на індивідуальне виробництво тепла за допомогою автономних котлів, сонячних колекторів, теплових насосів тощо. Це дозволяє їм зменшити залежність від постачальників теплоенергії, скоротити витрати на оплату послуг, покращити якість та комфорт теплопостачання. Однак, такий перехід також має свої недоліки, такі як:

1. Висока вартість обладнання для індивідуального виробництва тепла, яка потребує значних капітальних інвестицій.

2. Необхідність отримання дозволу на монтаж і експлуатацію обладнання, а також дотримання певних норм і правил безпеки.
3. Ризик порушення балансу теплових навантажень у мережах централізованого теплопостачання та балансу газових навантажень у мережах централізованого газопостачання, що може призвести до нестабільності параметрів теплоносія, перевантаження або аварій.
4. Втрата можливостей для розвитку циклів виробництва тепла та електроенергії, які мають високу енергоефективність та екологічність.

Таким чином, проблема організації забезпечення споживачів тепловою енергією та гарячим водопостачанням є складною та багатогранною, яка вимагає комплексного підходу та балансування інтересів усіх зацікавлених сторін. Необхідно розробити та реалізувати ефективну державну політику у сфері теплоенергетики, яка б сприяла модернізації та розвитку систем централізованого теплопостачання, а також створенню сприятливих умов для переходу на індивідуальне виробництво тепла з урахуванням соціальних, економічних, екологічних та енергетичних аспектів.

За даними авторів, які досліджували проблеми ефективного теплопостачання та її еволюцію, важливим фактором формування систем теплопостачання була промислова діяльність у регіонах. Вони показують, що системи теплопостачання адаптувались до технічних і просторових умов розвитку промислових вузлів і міського середовища. У минулому столітті промисловий ріст сприяв збільшенню житлового фонду і соціальної інфраструктури, що потребувало ефективного теплопостачання.

Можна виділити наступні покоління за етапами розвитку систем теплопостачання (Таблиця 1):

Системи теплопостачання за поколіннями

Характеристики	1 покоління	2 покоління	3 покоління	4 покоління
Умови переходу	Перехід від відокремленого до багатоквартирного проживання	Зростання кількості квартир і мешканців в багатоквартирних будівлях. Чисельність населення міста досягає 120 000 осіб	Зростання кількості багатоквартирних будинків та їх концентрації. Чисельність населення міста досягає 250 000 осіб і більше	Зростання проблем екології та глобального потепління роблять стратегічний вплив на розвиток теплопостачання
Сутність покоління	Поширення індивідуальних котелень. Транспортування та розподільчі мережі не потрібні	Теплова потреба виправдовує створення централізованого опалення від побутових або промислових котелень, які обслуговують декілька будинків одразу. З'являються розподільчі	Збільшення потужності існуючих котелень, використання для теплопостачання ТЕЦ. Розвиток розподільчих теплопроводів з проміжними насосними станціями та використання	Розвиток теплопостачання за рахунок ВДЕ; орієнтація на енергоефективність

		мережі та мережи теплопостачання	централізованих теплових пунктів	
Приблизні роки покоління	1880-1930	1930-1980	1980-2020	2020-2050
Види енергоресурсів	Вугілля	+ природний газ	+ Надлишкова теплова енергія промислових підприємств, сонячна та геотермальна енергія, біомаса	+ Електроенергія
Стан теплоносія	Пар водяний	Вода високого тиску	Вода	Вода
Температура теплоносія, °С	>200 подача >80 обратка	> 100 подача <70 обратка	< 100 подача <45 обратка	< 60 подача <30 обратка
Канали транспортування	Бетонні канали	Водопровідні труби в бетонних каналах	Збірні, попередньо ізольовані труби каналної та безканалної прокладки	Попередньо ізольовані труби каналної та безканалної прокладки
Особливості покоління	Низький рівень енергоефективності та надійності теплопостачання	Підвищення рівня енергоефективності	Підвищення рівня надійності системи	Високий рівень енергоефективності, надійності та гнучкості системи.

На даний момент, в світі активно розробляється ідея четвертого покоління централізованого теплопостачання. Основні напрями розвитку централізованих систем теплопостачання полягають у зниженні температури теплоносія до 50-60 °С і застосуванні енергоефективних матеріалів для транспортування теплової енергії.

У той же час, в деяких європейських містах вже функціонують системи централізованого теплопостачання п'ятого покоління, які характеризуються температурою теплоносія на рівні 15-35 °С. Такі системи базуються на використанні теплових насосів великої потужності і вже реалізовані в містах Швейцарії (15 систем), Німеччини (15 систем), Італії (5 систем), Нідерландів (2 системи), Норвегії, Англії, Бельгії, по 1 системі. До загальної мережі системи теплопостачання, яка є низькотемпературною, підключаються альтернативні та ВДЕ, такі як теплові насоси, геотермальна енергія, сонячна енергія, енергія вітру, надлишкова тепла енергія промисловості. При цьому, деякі з цих джерел використовуються в системі теплопостачання як генератори електроенергії для подальшого перетворення в теплову енергію, створюючи розумні системи централізованого теплопостачання. Важливою особливістю систем четвертого покоління є високий рівень автоматизації та моніторингу всіх технологічних процесів виробництва теплопостачання, транспортування та постачання теплової енергії з урахуванням інших допоміжних системи, які в свою чергу теж використовують ВДЕ.

Для здійснення ефективної операційної діяльності систем централізованого теплопостачання важливим є їх забезпечення відповідними технічними засобами. Вирішення цих проблем досягається впровадженням автоматизованих систем управління та моделей аналізу параметрів теплових мереж. Існує багато методів аналізу роботи та управління тепловими мережами, які описують вплив таких параметрів як попит, виробництво, ціни на енергетичні ресурси, прогнози погодних умов, характеристики теплової мережі і теплоносія, температуру і тиск теплоносія, на загальну ефективність роботи енергетичної системи. Також, серед методів аналізу і контролю даних

використовують нейронні мережі. Кажучи про сторону споживання теплової енергії, слід відрізняти типи споживачів, які можуть мати різні графіки теплового навантаження, що в свою чергу впливає безпосередньо на формування попиту та способів його задоволення виробництвом. Серед основних типів споживачів теплової енергії виділяють: комерційні будівлі, промислових споживачів, адміністративні будівлі, багатоквартирні будинки, соціальні будівлі, соціальні будівлі (школи та дитячі садки). Відповідно до типу споживача, змінюється логіка використання теплової енергії, тому треба керувати даними навантаження для виявлення моделей в поведінці різних типів споживачів.

Системи теплопостачання є важливою складовою інфраструктури будь-якого населеного пункту. Вони забезпечують комфортні умови проживання та ефективне функціонування різних сфер діяльності. Однак, розвиток систем теплопостачання потребує врахування ряду факторів, серед яких одним з найважливіших є кліматичні умови. Стосовно України слід зазначити, що всі обласні центри України розташовані практично в одній кліматичній зоні - Помірно-континентальному кліматі. Це означає, що вони мають схожий режим температур, опадів протягом року та розвиток систем теплопостачання в окремих містах України практично збігається в часі.

Зараз Україна стикається з великими викликами у сфері теплопостачання, які потребують невідкладних заходів. Централізовані системи теплопостачання, які були створені ще у 30-ті роки минулого сторіччя під час індустріалізації колишнього СРСР, застаріли та не відповідають сучасним вимогам енергоефективності та екологічності.

Основні проблеми, які існують у сфері теплопостачання на сьогодні, це:

1. Високий рівень втрат тепла у мережах та споживачах;
2. Низька якість послуг та недостатня надійність постачання тепла;

3. Нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів та залежність від імпорту газу;
4. Високий рівень забруднення навколишнього середовища внаслідок викидів парникових газів та інших шкідливих речовин.

Для подолання цих проблем необхідно провести комплексну модернізацію систем теплопостачання, яка передбачає:

1. Застосування нових технологій та обладнання для підвищення ефективності виробництва, передачі та споживання тепла;
2. Розвиток альтернативних джерел енергії, таких як біомаса, сонячна енергія, геотермальна енергія тощо;
3. Реформування тарифної політики та стимулювання енергозбереження у споживачів;
4. Посилення контролю за дотриманням екологічних норм та стандартів.

Таким чином, можна зробити висновок, що Україна має значний потенціал для покращення своєї ситуації у сфері теплопостачання, якщо буде належним чином реалізований комплекс заходів, спрямованих на модернізацію систем теплопостачання.

Основні етапи побудови систем централізованого теплопостачання в населених пунктах України наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Основні етапи побудови систем централізованого теплопостачання

№	Роки	Характеристика
1	1930-1941 рр.	Будівництво систем теплопостачання та магістральних/ розподільчих мереж
2	1944-1950 рр.	Відновлення наявних систем централізованого теплопостачання після звільнення міст від фашистських загарбників
3	1951-1990 рр.	Розвиток міських систем централізованого опалення; масове приєднання до них житлових, громадських і адміністративних будівель.

		Поступова відмова від використання кам'яного вугілля для опалення, перехід на більш екологічний природний газ
4	1990-2000 рр.	Трансформаційні процеси в економіці. Закриття промислових підприємств і передача в комунальну власність промислових котелень і трубопроводів. Моральне і фізичне старіння основних засобів у сфері тепло-постачання
5	2001-2010 рр.	Створення комунальних підприємств у сфері теплопостачання. Недосконала державна цінова політика вбиває комунальні підприємства. Продовжуються процеси старіння основних засобів
6	з 2011 р.	Розуміння кризових явищ у теплопостачанні призводить до розробки перших регіональних і місцевих програм розвитку теплопостачання. Але відсутність достатнього фінансування не дозволило виконати жодну з розроблених програм. Цінова політика держави не дозволяє підприємствам теплопостачання сформувати достатні інвестиційні ресурси. Для запобігання банкрутству комунальних підприємств місцеві бюджети починають надавати субсидії і дотації постачальникам тепла

За період масового житлового будівництва в 50–90-х роках ХХ століття, коли в містах України з'явилися багатоквартирні будинки та об'єкти соціальної інфраструктури, було необхідно створити ефективні системи централізованого теплопостачання. Для теплозабезпечення непромислових споживачів використовувалися два основні типи:

1. Теплозабезпечення за рахунок котелень або ТЕЦ промислових підприємств (як правило, опалення будинків, що розташовані безпосередньо біля підприємства)
2. Теплозабезпечення за рахунок об'єктів теплогенерації, що знаходились на балансі населеного пункту

Одним з основних напрямків теплофікації в Україні було створення промислових теплоелектроцентралей (ТЕЦ), які забезпечували потреби енергоємних галузей промисловості та житлового сектора міст. Промислові ТЕЦ сприяли розвитку теплопостачання на основі використання високотемпературного тепла, що вироблялося при перетворенні палива на електричну енергію. Такий тип теплопостачання мав ряд переваг, таких як ефективність, надійність, економічність, екологічність.

Промислові ТЕЦ були зв'язані з магістральними теплопроводами, які транспортували теплоенергію і гарячу воду до центральних теплових пунктів, де вона розподілялася між споживачами. Така інфраструктура теплопостачання була побудована за умов планової економіки, коли держава фінансувала будівництво і ремонт об'єктів теплогенерації і теплопостачання.

З початком ринкових перетворень у 1990-х роках ситуація змінилась. Багато промислових підприємств зупинили свою діяльність або були приватизовані, що призвело до зменшення попиту на теплоенергію і гарячу воду. Деякі підприємства передали свої потужності з теплогенерації і постачання тепла на баланс муніципалітетів, які не мали достатньо коштів для їх утримання і модернізації. Також в Україні відбулась приватизація деяких найбільш рентабельних ТЕЦ, яким було надано статус незалежних енергетичних компаній.

У результаті цих процесів система теплофікації на основі промислових ТЕЦ опинилась у складному становищі. З одного боку, вона потребує значних інвестицій для оновлення обладнання, покращення енергоефективності, зменшення втрат тепла, забезпечення якості послуг. З іншого боку, вона стикається з конкуренцією з боку альтернативних джерел тепла, таких як котельні, малогабаритні ТЕЦ, індивідуальне опалення тощо.

1.1. Нормативно правове забезпечення

Після 2000 року відбувалась побудова законодавчої бази, яка на державному рівні повинна регулювати питання, пов'язані з виробництвом та споживанням Теплоенергії.

Закони України «Про альтернативні джерела енергії» [13] який набув чинності у 2003 році визначає правові, економічні, екологічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергії та сприяння розширенню їх використання у паливно-енергетичному комплексі. Альтернативні джерела енергії - це джерела, які не використовують традиційні види палива, такі як нафта, газ, вугілля або уран, або використовують їх у мінімальних кількостях. Альтернативні джерела енергії можуть бути відновлюваними (сонячна, вітрова, геотермальна, біомаса тощо) або невідновлюваними (ядерна синтез, газифікація вуглецю тощо).

Закони України «Про тепlopостачання» [1] та «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу» [2], які набули чинності у 2005 р., стали важливими правовими актами для розвитку теплоенергетики в Україні. Ці Закони встановлюють основні принципи, права, обов'язки та пільги суб'єктів галузі, а також регулюють взаємовідносини між ними. В найближчі роки розроблюються та приймаються нормативно-правові акти, які спрямовані на виконання вимог цих законів.

Закон про когенерацію [2] орієнтований в першу чергу на електроенергію та її виробництво. Цим Законом передбачені пільги, які стосуються виключно електроенергії (право постачання електроенергії в період пікового і напівпікового навантаження електричної мережі, полегшений доступ до електричних мереж).

Тобто Закон про когенерацію [2] тільки опосередковано впливає на розвиток тепlopостачання: розвиток електрогенерації попутно продукує розвиток теплогенерації.

Закон про теплопостачання [1] регулює всю сферу діяльності, пов'язаної з виробництвом, транспортуванням, постачанням і споживанням теплової енергії.

Закон регулює наступні відносини:

1. Наявність поділу господарської діяльності у сфері теплопостачання на виробництво, транспортування та постачання теплової енергії
2. Існування різних технологій виробництва теплової енергії, у тому числі технологій комбінованого виробництва електричної і теплової енергії та з використанням нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії
3. Централізоване теплопостачанням споживачів від теплоелектроцентралей і котелень, які входять до об'єднаної енергетичної системи України
4. Існування об'єктів теплопостачання різних форм власності
5. Суттєва сезонна відмінність режимів виробництва і споживання теплової енергії протягом року
6. Особливий статус суб'єктів природних монополій, який мають деякі суб'єкти господарювання у сфері теплопостачання

Законом визначено розробку і реалізацію схем теплопостачання міст та інших населених пунктів, як одним із напрямів розвитку теплопостачання. Розробка схем теплопостачання здійснюється відповідно до «Методичних рекомендацій з розроблення енерго- та екологоефективних схем теплопостачання населених пунктів України», затверджених Міністерством будівництва України у 2006 р.

«Порядок розроблення регіональних програм модернізації систем теплопостачання», затверджений Кабінетом Міністрів України в 2009 р. [3]. Є ще одним нормативно-правовим актом, який спрямований на розвиток систем теплопостачання.

Ці Закони та нормативно-правові акти повинні були стати основним підґрунтям для планування розвитку теплопостачання. Але розробка схем

теплопостачання і регіональних програм модернізації не набула масового характеру.

Якщо подивитися у реєстрі Міністерства розвитку громад та територій України, що розміщений на його офіційному сайті [4], станом на 2021 р. зазначені інформація про погодження схем теплопостачання лише 30 міст України.

Подальшим кроком з активізації роботи з модернізації системи теплопостачання і теплоспоживання було прийняття в 2013 р. Урядом Енергетичної стратегії України [5]. Завдання щодо розвитку систем теплопостачання в ній гуртуються на наступному:

1. Проведення енергетичних аудитів з подальшим підвищенням термoeфективності будинків
2. Удосконалення інженерного обладнання
3. Застосування прогресивних технологій генерації теплової енергії на базі ВДЕ
4. Переобладнання внутрішньобудинкових мереж за двотрубною схемою
5. Встановлення систем обліку споживання теплової енергії
6. Зниження рівнів споживання природного газу, за рахунок підвищення ефективності його використання
7. Розвиток систем теплопостачання на базі електричної енергії, вугілля, ядерної енергії, позабалансових, нетрадиційних та ВДЕ, вторинних енергетичних ресурсів, природних теплових ресурсів тощо
8. Створення стимулюючих механізмів для залучення та повернення інвестицій для розвитку ТЕЦ та котелень, що працюють на власному вугіллі та за умови повного або часткового використання альтернативних джерел палива (торф, тверде біопаливо)
9. Розробка програми використання у системах теплопостачання теплових потужностей конденсаційних енергоблоків ТЕС і АЕС України, що перебувають у економічній досяжності до крупних споживачів теплової енергії

10. Розробка національної стратегії теплозабезпечення України

Але ці завдання залишились тільки на паперах. На зміну цієї Стратегії була прийнята нова у 2017 р. – Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [6] (далі – Енергетична стратегія – 2017). Ця Стратегія орієнтована тільки на заходи щодо зменшення споживання енергії в системах централізованого теплопостачання.

Головні заходи нової стратегії:

1. Оптимізація джерел теплогенерації з фокусом на когенераційні потужності та максимізацію ККД
2. Можливий перехід від найбільш неефективних джерел центральних теплових пунктів до модульних прибудинкових котелень
3. Заміна трубопроводів на попередньо ізольовані та скорочення витрат при транспортуванні енергії
4. Модернізація теплових пунктів
5. Використання тепла технологічних процесів промислових підприємств
6. Створення умов для відкритого доступу третіх осіб до теплових мереж
7. Використання частотно-регульованого приводу для насосного обладнання
8. Використання на теплових пунктах автоматичних регуляторів теплової енергії залежно від зміни температури атмосферного повітря
9. Перехід на автономне та/або індивідуальне опалення у містах, де стан системи ЦО призводить до завищених втраті неефективного використання ресурсів
10. Реалізація потенціалу енергозбереження у промисловості за рахунок впровадження систем енергетичного менеджменту та енергосервісу, стимулюючої державної економічної політики та поступового підвищення вимог до рівня енергоефективності шляхом перегляду стандартів на енергоспоживання

11. Запровадження механізмів управління попитом, зокрема механізму «енергетичних послуг» як альтернативи новому виробництву енергії, що відповідає зобов'язанням України в рамках приєднання до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства.

Станом на початок 2023 р. перший етап стратегії не виконано.

Затверджено в 2017 році «Концепцію реалізації державної політики у сфері теплопостачання» [7] (далі – Концепція). На офіційному рівні не вперше було визнано, що «фінансовий стан більшості підприємств теплової енергетики є незадовільним, оскільки господарська діяльність є збитковою та призводить до накопичення боргів».

Визначаючи необхідність покращення теплопостачання, в Концепції були затверджені наступні напрямки модернізації які передбачають впровадження обґрунтованої схеми теплопостачання.

Таблиця 3

Підвищення технологічною рівня	Структурні зміни в управлінні об'єктами у сфері теплопостачань	Удосконалення нормативно-правової бази за напрямками
Розвиток та сприяння переходу виробництва теплової енергії з альтернативних джерел енергії	Модифікація управління виробництвом, транспортуванням та споживанням теплової енергії	Фінансово-економічна стабілізація та розвиток підприємств
збільшення частки комбінованого виробництва електричної та теплової енергії (когенерації)	Перехід від монополізму до принципів конкурентних ринкових відносин	Запровадження дієвого механізму відповідальності за дотриманням вимог законодавства у сфері теплопостачання
Зменшення питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів на одиницю відпущеної теплової	Удосконалення механізму залучення приватного капіталу за договорами оренди і концесії	Впровадження механізму фінансово-економічного стимулювання ощадливого

енергії шляхом реконструкції та модернізації генеруючого обладнання		споживання енергоносіїв
Зменшення споживання електричної енергії технологічним обладнанням на всіх ділянках технологічного процесу	Вдосконалення форм управління, адаптованих до умов ринку, та впровадження енергетичного менеджменту	Підтримка та розвиток об'єктів теплопостачання, які використовують альтернативні енергоресурси
Оптимізація обсягів виробленої теплової енергії та потреб споживачів в результаті проведених заходів з енергозбереження		Узгодження граничного строку розрахунків споживачів за теплову енергію і комунальні послуги та підприємств за природний газ
Впровадження програмно-апаратних комплексів, які забезпечують моніторинг, керування та автоматизацію процесами виробництва, транспортування та постачання теплової енергії		Забезпечення поетапної монетизації субсидій
		Забезпечення переходу до стимулюючого утворення тарифів

Концепція звертає увагу на підвищення технологічного рівня, який на даний момент є вкрай низьким. Станом на рік прийняття Концепції (2017 р.), згідно з даними НКРЕКП [8], 69 % мереж підлягають модернізації.

Концепцією передбачено три етапи її реалізації, а саме:

Таблиця 4

Перший етап 2017-2018 роки	Другий етап 2019-2025 роки	Третій етап 2026-2035 роки
актуалізація схем теплопостачання населених пунктів шляхом розроблення схем розвитку систем теплопостачання	технологічне оновлення систем теплопостачання, досягнення середнього річного обсягу енергоспоживання теплової енергії (80-60 кВтг на кв. метр)	реконструкція та модернізація систем теплопостачання на всіх етапах технологічного процесу, досягнення середнього річного обсягу енергоспоживання теплової енергії (60-20 кВтг на кв.метр)
спрощення процедур щодо реалізації інвестиційних проектів, спрямованих на реконструкцію, модернізацію та розвиток підприємств	збільшення частки використання альтернативних джерел енергії у виробництві теплової енергії (до 30 %)	збільшення частки використання альтернативних джерел енергії у виробництві теплової енергії (до 40 %)
сприяння використанню більш ефективних форм управління підприємствами	стимулювання приведення у відповідність технологічного стану підприємств з потребами споживачів у разі проведення термічної модернізації будівель (40-50 % будівель)	зменшення втрат теплової енергії у теплових мережах під час її транспортування до споживача до 10%
стимулювання зниження рівня втрат теплової енергії під час її виробництва до 8 % та транспортування до 12%	запровадження ринкового механізму під час виробництва та постачання теплової енергії	стимулювання приведення у відповідність технологічного стану підприємств з потребами споживачів у разі проведення

		термічної модернізації будівель (100 % будівель)
забезпечення 100 % комерційного обліку спожитої теплової енергії	розвиток конкурентного середовища у сфері теплопостачання	
завершення процедури удосконалення тарифної політики, спрямованої на встановлення тарифів, які покриватимуть капітальні та операційні витрати підприємств		
врегулювання питань передачі частини повноважень із встановлення тарифів на теплопостачання органам місцевого самоврядування		
впровадження механізму стимулюючого утворення тарифів		
сприяння переходу підприємств на тарифи за двома ставками		
проведення заходів щодо підвищення рівня розрахунків за спожиті комунальні послуги		
перехід на розрахунки коштами в частині відшкодування підприємствам наданих		

Для реалізації першого етапу в 2018 р. Урядом було затверджено «План заходів із впровадження Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання до 2020 року» [9].

Стан виконання завдань цієї Концепції є дуже низьким. Перший етап Концепції (до 2018 рр.), виконано частково та з великим запізненням.

До Ліцензійних умов провадження господарської діяльності у сфері теплопостачання [10] постановою НКРЕКП в липні 2021 р. було внесено зміни [11], згідно яких повноваження зі встановлення тарифів на транспортування і постачання теплоенергії повністю передаються органам місцевого самоврядування.

Ці зміни є фактично єдиним реалізованим пунктом першого етапу Концепції.

Великі сумніви існують щодо виконання другого (2019–2025 рр.) і третього (2026–2035 рр.) етапів, які передбачають великі капіталовкладення, пов'язані з реконструкцією і модернізацією систем теплопостачання на всіх етапах технологічного процесу, технологічним оновленням, збільшення частки використання альтернативних джерел енергії у виробництві теплової енергії, суттєве зниження середнього річного обсягу енергоспоживання теплової енергії. Ці сумніви пов'язані з невизначеністю механізмів фінансування заходів, зазначених Концепцією: «фінансування заходів щодо реалізації Концепції планується здійснювати за рахунок залучення фінансових коштів від міжнародних фінансових та донорських організацій ..., а також з інших джерел, не заборонених законодавством» [7]. Іншими словами на рівні Державної концепції не передбачається використання амортизації та прибутку у якості інвестиційного ресурсу. Додатковою причиною виконання Концепції [7] також є відсутність в більшості

населених пунктів розроблених та затверджених на місцевому рівні схем теплопостачання.

Особливостями сучасного стану економіки теплопостачання є такі обставини:

1. Усі комунальні підприємства обліковують вартість основних засобів за історичною собівартістю (тобто за ціною придбання, без врахування сучасної ринкової вартості відповідного обладнання). У таких умовах сума амортизаційних відрахувань, що нараховується виходячи з вартості, яка склалась 30–40 років тому, значно менша, ніж сучасні витрати на просте відтворення основних засобів.
2. Наявні тарифи на теплоенергію є занадто високими порівняно з доходами багатьох домогосподарств. За даними Укрстату, заборгованість домогосподарств за послуги з постачання теплової енергії і гарячої води на кінець жовтня 2021 р. становить 19,3 млрд грн [12]. Наслідком ситуації, що склалася, є встановлення тарифів на теплову енергію на рівні собівартості, тобто без прибутку. Збільшення тарифу на суму прибутку для здійснення інвестиційної діяльності призведе до зменшення рівня сплати послуг з постачання теплової енергії.

Завдяки чому останніми роками відбувається фінансування заходів з модернізації систем централізованого теплопостачання за рахунок залучення коштів від міжнародних фінансових організацій [14].

1.2. Директиви розвитку відновлюваних джерел енергії у світі та Україні

На системи теплозабезпечення припадає більше половини світового споживання енергії. Промисловість використовує 54% споживання тепла, в будівлях для обігріву приміщень і води використовується 45%. Решта переважно задіяна в сільському господарстві для опалення теплиць.

Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) використовують в усьому світі, оскільки країни прагнуть зменшити викиди парникових газів і рухатися до більш незалежного та прогнозованого енергетичного майбутнього. Нижче приведені тенденції використання ВДЕ у світі:

1. Зростання використання ВДЕ для теплопостачання за останні роки, особливо в розвинених країнах, де спостерігається тенденція до скорочення викидів вуглецю.

2. Зростання використання сонячної енергії, особливо в країнах з високим рівнем сонячного випромінювання, таких як Іспанія та Італія. Сонячні теплові системи забезпечують опалення приміщень та постачання гарячої води та їх конкурентоспроможність за вартістю зростає порівняно з традиційними опалювальними системами.

3. Зростання використання біомаси для опалення. У деяких європейських країнах, таких як Австрія і Фінляндія, біомасу використовують на 57% всього відновлюваного теплопостачання.

4. Зростання використання геотермальних технологій, які використовують тепло землі. Розвиток технології буріння свердловин і технології геотермальних теплових дозволили їй стати більш економічно ефективною та доступною.

5. Зростання державного стимулювання та регулювання в багатьох країнах світу надали стимули та нормативно-правові акти для сприяння використанню відновлюваної енергії в теплопостачанні. Наприклад, Програма стимулювання відновлюваної теплоенергетики (RHI) у Великобританії забезпечує фінансову підтримку для встановлення систем опалення та гарячої води з використанням ВДЕ, а Директива ЄС з відновлюваної енергетики встановлює цільові показники частки ВДЕ в опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні.

6. Збільшення інвестицій у ВДЕ зростають у багатьох країнах по всьому світі. За даними МЕА, у 2020 році глобальні інвестиції у ВДЕ перевищили 350 мільярдів доларів США. Потужність відновлюваної енергетики також

стрімко зростає. У 2021 році на ВДЕ припадало 78% нових проектів з теплопостачання у всьому світі.

7. Зменшення вартості ВДЕ за останні роки, саме це робить їх більш конкурентоспроможними порівняно з викопними видами палива. Вартість проектів ВДЕ знизилася більш ніж на половину з 2010 року, і в багатьох країнах вони зараз є найдешевшими джерелами генерації теплової електроенергії.

8. Поліпшення технологічного процесу надало стрибок у використанні ВДЕ для теплопостачання.

Відновлювана теплоенергетика стає все більш популярною в різних країнах світу через екологічні та енергетичні виклики, з якими вони стикаються. Одним із найважливіших кроків у цьому напрямку є Закон США про зниження інфляції 2022 року, який виділяє значні кошти на підтримку теплових насосів, геотермального опалення та інших високоефективних теплових систем для домогосподарств. Закон надає можливість отримати субсидії, знижки та податкові пільги для тих, хто хоче зменшити свою залежність від традиційних джерел енергії та зменшити свої викиди парникових газів. Цей закон є прикладом того, як державна політика може сприяти розвитку відновлюваної теплоенергетики та покращенню якості життя громадян.

План REPowerEU - це амбітна ініціатива Європейського Союзу, яка спрямована на збільшення частки відновлюваних джерел енергії та зменшення його залежності від імпорту газу, особливо з Росії. План був анонсований у березні 2022 року та опублікований у травні 2022 року як частина пакету законодавчих актів Fitfor 55, який має на меті досягти цілей ЄС щодо зниження викидів парникових газів на 55% до 2030 року. Одним з ключових елементів плану REPowerEU є підвищення цільового показника ЄС для відновлюваних джерел енергії в загальному кінцевому споживанні з 40% до 45% до 2030 року.

План REPowerEU охоплює різні сектори економіки, які можуть скористатися використанням відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, геотермальна, біомаса та водень. Особлива увага приділяється промислому сектору, який є одним з найбільших споживачів енергії та викидачем парникових газів. План REPowerEU пропонує ряд заходів для декарбонізації промисловості, таких як електрифікація процесів за допомогою великомасштабних теплових насосів та водню на основі відновлюваних джерел енергії, а також інтеграція сонячних теплових і геотермальних технологій у системи централізованого теплопостачання.

План REPowerEU також ставить перед собою амбітну мету щодо розширення застосування геотермальних теплових насосів у секторах будинкового господарства та комерційних будинків. Геотермальним тепловим насосам прогнозують значний потенціал для забезпечення ефективного та низьковуглецевого опалення та охолодження. План REPowerEU передбачає встановлення 10 млн нових геотермальних теплових насосів протягом перших п'яти років плану (2022-2026) та ще 30 млн одиниць протягом другого п'ятиріччя (2027-2031). Це призведе до збільшення кумулятивної потужності геотермальних теплових насосів в ЄС з 1,1 млн одиниць у 2021 році до 41,1 млн одиниць у 2030 році, що становить щорічне зростання на 20,6%.

Для досягнення цих цілей, план REPowerEU вимагає від країн-членів ЄС встановити національні плани дій з використання відновлюваного тепла та охолодження, які визначатимуть конкретні заходи для сприяння розвитку геотермальних теплових насосів та інших відновлюваних джерел енергії у будинках, промисловості та секторах централізованого теплопостачання. План REPowerEU також закликає до перегляду Європейської директиви з відновлюваної енергетики, щоб посилити зобов'язання країн-членів щодо досягнення загальної мети ЄС у 45% до 2030 року.

У листопаді 2022 року Європейська Комісія оголосила про новий тимчасовий регламент, який повинен прискорити процес отримання дозволів

на встановлення теплових насосів. За цим регламентом, термін розгляду заявок скорочується до трьох місяців, а процедура підключення до тепломережі спрощується.

Це сталося після того, як Китай оприлюднив свої амбітні цілі у сфері використання ВДЕ у своєму 14-му енергетичному плані на 5 років (до 2025 року). Згідно з цим планом, Китай планує збільшити частку ВДЕ у своєму енергетичному балансі до 20% до 2025 року та зменшити споживання вугільного еквіваленту на 60 мільйонів тонн (близько 1,8 ЕДж) за рахунок використання ВДЕ для теплопостачання. Для цього Китай виділить більше 27 млрд юанів (майже 4 млрд доларів США) на заходи з екологічно чистого опалення та контролю за забрудненням повітря.

У Чилі також прийнято Національну стратегію у сфері тепла та холоду, яка передбачає значне скорочення викидів парникових газів у секторі опалення та охолодження. Зокрема, Чилі має намір знизити викиди на 40% до 2030 року і на 65% до 2050 року, а також забезпечити 45% сталої енергетичної ефективності у секторі опалення та охолодження до 2030 року і на 80% до 2050 року. Стратегія сприяє використанню ВДЕ у секторах опалення та охолодження, зокрема в проектах централізованого теплопостачання.

Більше того, багато інших країн, таких як Канада, Великобританія, Франція, Люксембург, Данія, Австрія та Мальта, також запровадили нові фінансові стимули для використання ВДЕ у сфері опалення та охолодження або посилили чи розширили існуючі. Особлива увага була приділена тепловим насосам, які отримали найбільшу підтримку у вигляді податкових пільг та інвестицій.

За даними Міжнародного енергетичного агентства, глобальне споживання тепла, що виробляється тепловими насосами, збільшиться на 14 ЕДж (+6%) у 2022-2027 роках у порівнянні з 2021 роком. Основними факторами цього зростання є підвищення промислової активності, особливо в Китаї та Індії, які разом складають 60% світового попиту на тепло в промисловості, а також

поліпшення енергоефективності в будівлях, що дозволяє зменшити споживання тепла на 4% на глобальному рівні. З іншого боку, очікується, що традиційне використання біомаси для опалення знизиться на 3 ЕДж (-13%) у 2022-2027 роках.

Водночас сучасне використання відновлюваних джерел енергії для теплопостачання зросте майже на третину і досягне 14% від загального споживання тепла до 2027 року. Найбільший приріст споживання тепла з відновлюваних джерел енергії остерігатиметься у секторах промисловості та будівництва, де використання енергії для теплопостачання стане все поширенішим, зокрема за допомогою теплових насосів.

У 2021 році в ЄС на 34%, виріс попит та використання теплових насосів, в результаті чого загальна кількість установок, що будуть експлуатуватись в ЄС в 2022 році, сягне приблизно 17 мільйонів.

Одним з факторів, які сприяють поширенню теплових насосів у Європі та США, є висока вартість газу та бажання зменшити залежність від російських постачальників. Крім того, політичні заходи ЄС та США спрямовані на підвищення енергоефективності та зниження викидів парникових газів, що створює сприятливе середовище для використання теплових насосів як альтернативного джерела опалення. Очікується, що ці тенденції значно підсилять попит на теплові насоси на цих ринках у найближчому майбутньому.

Відновлювана енергетика є одним із можливих рішень для забезпечення енергетичної безпеки Європи після російської збройної агресії проти України. Росія є найбільшим постачальником природного газу для Європи, але її дії ставлять під сумнів надійність та стабільність цього джерела енергії. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, геотермальна та біоенергетика, може зменшити залежність Європи від російського газу та інших викопних палив, а також сприяти досягненню кліматичних цілей ЄС.

ЄС вже має амбітну стратегію збільшення частки відновлюваної енергії до 32% в загальному енергоспоживанні до 2030 року. Однак, для досягнення цього потребується більше інвестицій у розвиток та модернізацію інфраструктури відновлюваної енергетики, а також у новітні технології збереження та розподілу енергії. Також необхідно покращити енергоефективність будинків, промисловості та транспорту, а також застосовувати «розумні» магістральні та розподільчі розв'язки для оптимізації попиту та пропозиції теплопостачання.

Враховуючи геополітичний контекст, в якому перебуває ЄС, важливо прискорити перехід до використання відновлюваних джерел енергетики як ключового фактору енергетичної безпеки. Вони можуть не тільки зменшити зовнішню залежність Європи, але й стимулювати інноваційний та конкурентний розвиток європейської економіки.

Використання ВДЕ в Україні останніми роками зростають, що зумовлено поєднанням державної політики, технологічного прогресу та зростаючого інтересу інвесторів. Нижче зазначені тенденції використання ВДЕ в Україні:

1. Збільшення використання біомаси, яка має великий потенціал у вигляді деревних гранул, тріски та соломи. За оцінками Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA), близько 10% кінцевого споживання енергії в Україні припадає на біомасу, а її частка у виробництві тепла поступово збільшується.
2. Зростання використання сонячної теплової енергії, особливо для задоволення потреб у гарячому водопостачанні. Країна має сприятливий сонячний клімат, у середньому 2 000 годин сонячного сяйва на рік, а ціна сонячних теплових систем робиться більш конкурентною.
3. Зростання використання геотермальної енергії, особливо в західному регіоні країни. Розвиток геотермальної енергетики для опалення та охолодження забезпечив зростання кількості геотермальних проєктів.

4. Державне стимулювання та регулювання сприяють використанню ВДЕ в теплопостачанні, включаючи «зелений» тариф для виробників відновлюваної енергії та закон про сприяння використанню біомаси.
5. Збільшення використання потенціалу вітрової та гідроенергетики, однак розвиток цих джерел відбувається повільніше порівняно з біомасою, сонячною та геотермальною енергією.

Системи централізованого теплопостачання (СЦТ) повинні скласти більшу частину у декарбонізації енергетичного сектора. Деякі міста України впроваджують технології ВДЕ у системи централізованого теплопостачання, але не зважаючи на це, біля 90% загального виробництва централізованого тепла досі залежить від викопного палива.

1.3. Шляхи вдосконалення

Мета вдосконалення може бути досягнута різними шляхами. Наприклад може бути шлях повної відмови від централізованого теплопостачання та використанням індивідуального та автономного опалення. Але такої шлях значно зменшує можливості впровадження новітніх технологій та використання ВДЕ з використанням комбінованого виробництва теплової енергії, зменшення промислових і побутових скидів в атмосферу для запобігання викидів шкідливих речовин. Також цей підхід створює проблему впровадження альтернативних видів палива та ВДЕ для теплопостачання населенню, яке проживає у багатоквартирних будинках.

Другим шляхом може бути збереження в поточному вигляді існуючих систем централізованого теплопостачання, проведення їх модернізації та реконструкції. Однак поточні системи теплопостачання будувались без достатнього техніко-економічного обґрунтування, без розрахунку розвитку та використовують багато обладнання завищеної потужності, яке має низькі можливості в регулюванні, стару автоматику та низький ККД. Модернізувати старі проектні рішення на поточний час недоцільно.

Доцільним шляхом вдосконалення систем теплопостачання є поєднання централізованого і децентралізованого теплопостачання з прийняттям конкретних рішень по кожному конкретному випадку з урахуванням майбутнього розвитку місцевих громад. Такий підхід забезпечить скорочення споживання енергоносіїв, новітніх технологій та використання ВДЕ з використанням комбінованого виробництва теплової енергії, забезпечить покращення якості послуг з теплопостачання шляхом поліпшення стану систем теплопостачання.

Впровадження системи енергоефективності в житловому фонді є комплексом заходів, орієнтованих на підвищення ефективності використання енергоносіїв, що спрямовуються на теплопостачання житла.

Основні завдання, які вирішуються впровадженням системи енергоефективності:

1. Зменшення споживання всіх видів викопного палива населенням через впровадження енергозберігаючих заходів.
2. Розвиток енергоефективного будівництва та реконструкції житла, створення умов для інвестиційних проектів в цьому напрямку.
3. Збільшення теплового опору огорожувальних конструкцій житла, оптимізація енергоспоживання населенням.
4. Популяризація економічних, екологічних та соціальних переваг енергозбереження, підвищення соціального освітнього рівня у цьому напрямку.

Кроки вирішення проблем підвищення енергоефективності:

1. Створення постійних місцевих консультаційних центрів з енергоефективності та формування ініціативних груп з енергоефективності та енергозбереження з широким залученням представників місцевого управління, неурядових організацій і громадськості.

2. Стимулювання впровадження заходів з енергоефективності житла на засадах фінансування об'єднань співвласників багатоквартирних житлових будинків (ОСББ) та цільових коштів неурядових організацій, тощо.
3. Демонстрація енергоефективних пілотних проектів з навчанням місцевого персоналу та розповсюдженням їх знань на реалізацію нових об'єктів будівництва (реконструкції).
4. Створення умов на державному рівні для координації зусиль структур управління на всіх рівнях, неурядових організацій і громадськості щодо розповсюдження накопиченого досвіду в інших регіонах України, у т. ч. розроблення та узгодження змін та доповнень до чинної законодавчої бази.

Пріоритетність фінансування заходів пропонується визначати за індексом рентабельності з урахуванням нагальної технічної необхідності (дивись Таблицю №5). Спочатку реалізуються заходи, які мають запобігти аварійним ситуаціям та виникненню суттєвих збитків, а потім решта заходів у порядку спадання прибутковості.

Таблиця №5

Заходи	Відсоток заходів з високою рентабельністю	Відсоток заходів з середньою рентабельністю	Відсоток заходів з низькою рентабельністю	Нерентабельні заходи
Переведення котельнь з викопного палива на ВДЕ (Категорія 2)	35	47	18	0
Приведення до відповідності роботи систем	100	0	0	0

теплогенерації з технічними вимогами щодо їх експлуатації (Категорія 1)				
Запровадження постійного моніторингу та контролю роботи систем теплопостачання. Впровадження системи енергетичного менеджменту. (Категорія 1)	100	0	0	0
Виведення з експлуатації малоефективних котлів. Заміна застарілих котлів на сучасні. (Категорія 3)	0	28	72	0
Заміна трубопроводів теплових мереж на попередньо теплоізовані (Категорія 3)	0	17	33	50
Утеплення огорожувальних конструкцій будівель (Категорія 2)	70	10	10	10
Реконструкція центральних теплових пунктів:	89	0	11	0

впровадження ІТП; встановлення насосів* (Категорія 2)				
Заміна газових пальників застарілого типу на сучасні автоматичні. (Категорія 2)	0	100	0	0
Встановлення системи глибокої рекуперації теплоти від вихідних газів на потреби гарячого водопостачання (Категорія 1)	100	0	0	0
Кільцювання та оптимізація теплових мереж з закриттям нерентабельних котельнь (Категорія 3)	0	50	25	25

Категорія 1 – Найбільш пріоритетні за рентабельністю заходи

Категорія 2 – Пріоритетні за рентабельністю заходи

Категорія 3 – Ефективні за рентабельністю заходи

2. РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ МІСТА МАЛИН, ЖИТОМИРСЬКА ОБЛАСТЬ (НА ПРИКЛАДІ КОТЕЛЬНІ ВУЛ.БАРМІНА).

2.1. Існуюче становище.

Малин - місто обласного значення на річці Ірша, розташоване в Житомирській області (до Києва - 115 км, до Житомира (обласного центру) - 102 км) недалеко від автотраси Київ — Ковель — Варшава. Місто займає територію 18 км². Через місто проходить важлива залізнична магістраль. У населеному пункті проживає біля 25 тис. мешканців, щільність населення – біля 1380 осіб на 1км².

Система теплопостачання міста у секторі багатоквартирної забудови характеризується як помірно-централізована та автономна у секторі індивідуальної забудови. **Централізоване постачання гарячої води у місті відсутнє.**

Послуги з теплопостачання у м. Малин починаючи з 2017 року надає лише ТОВ МЕІ. Більша частина бюджетних установ, що використовують послуги опалення, приєднані до автономних котельнь, які не обслуговуються комунальним підприємством.

Кількість абонентів теплопостачання постійно скорочується, що обумовлено поступовим переходом населення міста на індивідуальне опалення. Централізоване опалення у місті почало руйнуватися понад 10 років тому у зв'язку з чим пішло велике розбалансування мережі.

За 2023 рік в м. Малин було модернізовані багато котельнь які переробили на тверде паливо. Зробили реконструкцію та в деяких районах буде встановлено нові котельні.

На підставі концепції розвитку системи теплопостачання м. Малина були запропоновані наступні оптимізаційні заходи:

1. Резервування подачі теплоти споживачам шляхом сумісної роботи джерел тепла і влаштування перемичок між суміжними районами теплових мереж;
2. Заміна застарілого низько ефективного котельного обладнання на сучасне вискооефективне;
3. Впровадження альтернативних видів палива;
4. Впровадження нетрадиційних джерел енергії.

Опис діючих міських котелень (Таблиця №6) станом на 1 січня 2022 року представлений в таблиці 6. У 7 котельнях підприємства працюють 25 котлів, які використовують в якості палива природний газ. Загальна встановлена теплова потужність котлів 14,78 Гкал/год (17,2 МВт) та більше ніж вдвічі перевищує фактично підключене теплове навантаження. Це робить негативний вплив на ефективність функціонування системи теплопостачання у зв'язку із зниженням ККД енергетичного обладнання та збільшенням витрат паливно-енергетичних ресурсів. Середній термін експлуатації котлів становить 12 років, в середньому ККД котлів складає 90%.

Таблиця №6

Адреса котельні	Тип котлів, кількість	Рік встановлення котлів	ККД котлів	Встановлена потужність котельні, Гкал/год	Підключене теплове навантаження (опалення), Гкал/год
вул.Машинобудівників	«ВК-21» - 3шт.	1998	0,93	4,2	1,1
вул.Лисенка	КСВ-2,9 - 2шт.	1993	0,82	3,7	1,3

вул.Володимир-ська,26а	Модулі АФ-105 - 6шт.	1997	0,9	0,6	0,28
вул.Володимир-ська,26в	Модулі МН-120 - 8шт.	2008	0,92	0,82	0,37
вул.Гагаріна	Колві-1000 - 2шт.	2016	0,92	1,82	1,4
вул.Приходька	КСВа-1,0 - 2шт.	2016	0,92	1,82	1,1
вул.Барміна	КСВа-1.25 «ВК-32» 2шт.	2015	0,92	2,15 (2,5 МВт)	1,4

Транспортування теплової енергії до споживачів здійснюється переважно підземними тепловими мережами каналного прокладання. Загальна протяжність теплових мереж міста становить 6,5 км. Середній показник теплових втрат в мережах складає 7%, а рівень зношеності теплових мереж - 16%.

2.2. Розрахунок теплових навантажень

1. Географічний пункт розміщення житлово-промислового району м. Малин, Житомирський області.
2. Генплан мікрорайону який отримує теплову енергію з котельні вул.Барміна



Рис. 1 Генплан мікрорайону який отримує теплову енергію з котельні вул.Барміна

3. Структура теплового навантаження:

- 3.1. Опалення житлових будинків;
- 3.2. Гаряче водопостачання житлових будинків;
- 3.3 Теплове навантаження вентиляції;

4. Розрахункова температура (максимально зимова) для проектування системи опалення - 22°C . [15]

5. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $-0,8^{\circ}\text{C}$. [15]

6. Тривалість опалювального періоду 192 доби. [15]

7. Температура початку опалювального періоду $+8^{\circ}\text{C}$. [15]

8. Тривалість температур зовнішнього повітря зазначено в Таблиці №7

Місто	Кількість годин з температурою нижче за дану							
	-30 -25	-25...- 20	-20...- 15	-15...- 10	-10...-5	-5...0	0...+5	+5...+ 8
Житомир	5	22	103	309	616	1237	1554	762
	5	27	130	439	1055	2292	3846	4608

Визначаємо загальну площу житлової споруди району, яка складає **15 380 м²**.

Розрахунки зроблені відповідно типових серії 5-ти поверхових житлових будинків мікрорайону в м. Малин.

У будинках присутні одно-, дво- та трикімнатні квартири. На сходовому майданчику розташовано 4 квартири. У торцевих секціях набір квартир 1-1-2-3 або 1-2-2-2, рядових 1-2-3-3 або 2-2-2-3. Загальна площа квартир зазначена в Таблиці №8.

Таблиця №8

Число кімнат	Загальна площа, м ²
1	28-32
2	39-46
3	55-62

Визначаємо максимальне теплове навантаження системи опалення житлових і громадських будівель:

$$Q_{\text{макс}} = q_0 \cdot F_{\text{ж}} \cdot (1 + K_{\text{гр}}) \cdot 10^{-6} = 77,8 \cdot 15\,380 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 1,495 \text{ МВт}$$

Визначаємо максимальне теплове навантаження системи вентиляції громадських споруд:

$$Q_{\text{вмакс}} = K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{в}} \cdot q_0 \cdot F_{\text{ж}} \cdot 10^{-6} = 0,25 \cdot 0,6 \cdot 77,8 \cdot 15\,380 \cdot 10^{-6} = 0,18 \text{ МВт}$$

Де $K_{\text{в}}$ - коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських споруд; $K_{\text{в}} = 4,0$ - для споруд, збудованих до 1985 року, $K_{\text{в}} = 6,0$ - для споруд, збудованих після 1985 року.

$K_{\text{гр}}$ - коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських споруд, $K_{\text{гр}} = 0,25$.

q_0 - укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1м² загальної площі житлових споруд, Вт/м² = 77,8

Визначаємо чисельність (кількість мешканців) людей, що проживають у районі:

$$m = F_{\text{ж}} / f_z = 15\,380 / 18 = 854,4$$

де f_z норма загальної площі на одного мешканця (людину), приймається від 18 до 25 м²

Визначаємо середнє теплове навантаження на гаряче водопостачання житлових і громадських споруд:

$$Q_{\text{гвп}} = q_{\text{г}} * m * 10^{-6} = 376 * 854,4 * 10^{-6} = 0,321 \text{ МВт}$$

де $q_{\text{г}}$ - укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину, Вт/люд.

Будуємо графік змін теплових навантажень та графік витрати теплоти відповідно тривалості опалювального періоду згідно отриманих даних (Додаток 1 до роботи).

2.3. Мета реконструкції. Обґрунтування прийнятих рішень

Мета реконструкції. Робота проведена з метою довести основні принципи покращення технічного, економічного, екологічного та соціального стану теплопостачання джерелами яких є міські котельні з використанням ВДЕ за рахунок впровадження гібридної системи теплозабезпечення житлових будівель на основі теплових насосів.

Тепловий насос ефективно та екологічно використовує природну енергію. Енергія забирається з навколишнього повітря, ґрунту або ґрунтових вод за допомогою теплообмінника і в контурі теплового насоса підвищується до рівня температури, придатного для опалення або водопостачання. Використання теплових насосів зменшує залежність від газу.

В світі все частіше використовують теплові насоси для постачання теплової енергії. За даними світової статистики 42 відсотки всіх житлових будинків, зведених у 2022 році, були обладнані тепловими насосами. В існуючих будівлях використання теплового насосу також може бути доцільним за певних умов.

Види теплових насосів за джерелом теплової енергії:

1. «Повітря-повітря»

Насоси відбирають тепло з повітря на вулиці та передають його безпосередньо повітрю в приміщенні. Ефективність роботи та простота конструкції дозволяють використовувати агрегати “повітря-повітря” в різних типах приміщень для опалення, нагрівання води, а деякі моделі і для охолодження. Вони ефективні при опаленні та кондиціонуванні повітря в невеликих та середніх житлових будівлях. Підходять для регіонів з помірним кліматом, але можуть втрачати ефективність при низьких температурах.

2. «Повітря-вода»

Використання повітря як первинного джерела теплової енергії – найбільш простий та найменш трудозатратний спосіб підігріву води для опалення та гарячого водопостачання. За допомогою вентилятора повітря із навколишнього середовища надходить в зовнішній блок теплового насоса на теплообмінник відбору тепла. По цьому теплообміннику циркулює фреон, який направляється в компресор, стискається, надходить на теплообмінник конденсатора і передає теплову енергію в опалювальну систему. Тепловий насос “повітря-вода” ефективно працює при температурі повітря на вулиці до -20°C , а деякі моделі і при -30°C .

Агрегат в процесі роботи використовує електричну енергію із мережі: в середньому на 1 кВт електроенергії насос виробляє від 3 до 5 кВт теплової енергії. Обладнання можна встановлювати і в нових

спорудах, і модернізувати застарілі системи опалення. Більшість моделей теплових насосів «Повітря-вода» влітку використовують для охолодження повітря в приміщеннях.

3. «Вода-вода»

Вода – одне із можливих джерел тепла для ТН. З цією метою використовують ґрунтові води, наземні водойми, а також теплову енергію стічних та технічних вод. В кожному варіанті є переваги та недоліки, а також особливості облаштування системи:

Для отримання тепла від підземних вод необхідне буріння двох свердловин: верхня (за течією) потрібна для забору води в систему, а нижня для скидання.

Щоб використовувати тепло води у водоймі, по її дну укладають труби – зонд. Важливо, щоб глибина водойми була понад 3 метри, а температура на дні залишалася стабільною протягом року

Стічні води як джерело теплової енергії часто використовують у містах та на підприємствах. Для облаштування такої системи необхідне встановлення проміжного теплообмінника зі стійких до корозії матеріалів.

Теплові насоси вода-вода вважаються найбільш ефективними, екологічними та економічно вигідними джерелами тепла для опалення та охолодження житлових, комерційних і промислових будівель.

4. «ґрунт-вода»

Оскільки температура ґрунту на глибині понад 2 метри залишається незмінною протягом усього року, низькопотенційне тепло землі часто використовують як джерело теплової енергії для теплових насосів. Існує кілька способів монтажу системи “ґрунт-вода”:

Вертикальні зонди: у свердловини глибиною 20-150 м вкладають труби. такий спосіб отримання теплової енергії землі найбільш дорогий через буріння глибоких свердловин і найбільш ефективний.

Він вважається доцільним, якщо земельна ділянка має невелику площу або склад ґрунту не дає можливості прокласти горизонтальні труби.

Горизонтальні колектори: спіралеподібні або змієподібні зонди укладають на глибину до 3 метрів (нижче рівня промерзання), площа залежить від теплотреб приміщення, але через гідравлічний спротив загальна довжина контура не повинна перевищувати 150 м.

Вертикально-горизонтальні: спіральні, кластерні (свердловини під певним кутом нахилу), “кошик”. Поєднують переваги двох видів зондів, укладають на глибину до 5 метрів.

Усі види зондів виконують одну роль: відбирають низькопотенційне тепло ґрунту і передають його на випаровувач, в якому знаходиться охолоджений хладагент під низьким тиском. Нагрітий від теплоносія фреон, стискається компресором, що призводить до підвищення його температури. Стиснутий і розігрітий фреон надходить у конденсатор, де віддає тепло в контур опалювальної системи будівлі. Далі він проходить через дросель: охолоджується, тиск знижується і цикл починається спочатку.

Незважаючи на необхідність значних капіталовкладень під час буріння та встановлення зондів, системи з ТН “ґрунт-вода” залишаються одними із найпопулярніших, оскільки обладнання відрізняється довговічністю, якість його роботи не залежить від температури навколишнього середовища. У первинному контурі системи як теплоносій використовують розсіл або воду.

Геотермальні теплові насоси виготовляють у вигляді моноблоків: компресор, випаровувач, конденсатор, терморегулюючий дросель, циркуляційні насоси, з'єднувальні трубки і система керування розміщені в одному корпусі, до якого підключаються ґрунтовий контур та контур системи опалення будівлі.

Переваги та недоліки кожного виду теплового насосу вказані в таблиці №9.

Таблиця №9

Теплові насоси	Переваги	Недоліки
«Повітря-повітря»	Відносно низька вартість встановлення. Проста установка та обслуговування. Підходять для опалення та кондиціонування повітря у житлових будівлях.	Ефективність може знизитися при низьких температурах. Потребують доступу до повітря.
«Повітря-вода»	Використовуються для опалення та гарячого водопостачання. Споживають менше енергії, ніж деякі інші системи. Підходять для житлових будівель.	Залежність від зовнішніх температур. Вища вартість встановлення, порівняно з повітря-повітря.
«Вода-вода»	Висока ефективність та стійкість до змін температури. Підходять для великих будівель і промислових установок. Можуть бути ефективними протягом тривалого часу.	Вимагають доступу до водних джерел, що може бути обмеженим. Вартість встановлення може бути високою.
«ґрунт-вода»	Дуже ефективні та стійкі до змін температури. Підходять для опалення та кондиціонування будівель різного розміру. Знижують споживання	Висока вартість встановлення. Вимагають доступу до земельного ділянки.

Теплові насоси ґрунт-вода обрані для використання в цьому проекті тому, що вони є одним з найефективніших і стійких видів теплових насосів та ідеальним рішенням для централізованого міського опалення та гарячого водопостачання. Вони використовують стабільну температуру ґрунту як джерело тепла і можуть працювати ефективно протягом усього року незалежно від клімату. Нижче розглянемо переваги і застосування цього типу теплових насосів для централізованого міського опалення та гарячого водопостачання.

1. **Висока ефективність:** Теплові насоси ґрунт-вода мають високу коефіцієнт продуктивності (COP), що означає, що вони виробляють багато тепла відносно витрати електроенергії. Це дозволяє значно знизити витрати на опалення та гарячу воду.
2. **Стійкість до зовнішніх температур:** Оскільки тепло ґрунту майже завжди стабільне протягом року, ці насоси працюють ефективно навіть при низьких температурах, не втрачаючи продуктивність.
3. **Низька експлуатаційна вартість:** Існує можливість отримати значні економічні вигоди завдяки зниженню витрат на опалення та гарячу воду, оскільки система не потребує великої кількості пального чи електроенергії.
4. **Екологічна ефективність:** Використання тепла землі не супроводжується викидами CO₂, що робить цей тип теплових насосів дружнім до навколишнього середовища. Це важливо для міських систем, орієнтованих на зменшення впливу на забруднення повітря.
5. **Складові для централізованого міського опалення:** Теплові насоси ґрунт-вода легко інтегруються в системи централізованого опалення та гарячого водопостачання міських районів. Вони можуть бути встановлені на великих міських територіях та відповідають потребам великої кількості споживачів.

6. Довговічність та надійність: Теплові насоси ґрунт-вода мають довгий термін служби, і їх обслуговування вимагає мінімальних зусиль. Це робить їх ідеальним вибором для централізованих систем, які мають працювати безперервно.

Загалом, теплові насоси ґрунт-вода - це надійне та ефективне рішення для централізованого міського опалення та гарячого водопостачання. Вони дозволяють забезпечити комфортне опалення та гарячу воду для містян, знижуючи при цьому витрати та вплив на довкілля. З огляду на вищезазначене прийняте рішення використовувати в даному проекті теплові насоси ґрунт-вода.

Основне завдання:

- *Забезпечити потребу в гарячому водопостачанні тільки тепловими насосами без використання котлів. Це пов'язано з тим, що гаряче водозабезпечення в місті Малин взагалі відсутнє.*
- *Додатково забезпечити теплової енергією опалення за рахунок теплових насосів у зимовий період.*
- *Враховуючі це виконуємо підбір теплових насосів виробника Viessmann згідно технічної документації [17]. За результатами підбору використовуємо модель Vitocal 300-G ProTur BW 302.CS230 у кількості трьох штук, які з'єднуються по каскадній схемі.*
- *Також для забезпечення пікових навантажень по гарячому водопостачанню підбираємо акумулюючі бак:*
- *Кількість людей в районі 854.*
- *Кількість літрів на одну людину в середньому 35 літрів за добу.*
- *Денне навантаження складає 29 890 літрів.*
- *Ємність акумуляторного баку рахується як 20% від денного навантаження.*
- *Підбираємо бак ViessmannReflex AF 1500 у кількості 4 штук. Тобто ми можемо акумулювати гарячу воду об'ємом 6 тон.*

3. ПОТРЕБА У ТЕПЛОВІЙ ЕНЕРГІЇ, ПАЛИВІ

3.1. Існуюче становище котельні по вул.Барміна м. Малин Житомирської області.

Встановлено 2 водогрійних котла КСВа-1.25 «ВК-32 які працюють на природному газі. Експлуатаційний ККД – 92%, підключене навантаження 1,4 Гкал/год, теплоносій – вода.

Регулювання відпуску теплової енергії здійснюється в опалювальний період якісним способом по опалювальному графіку.

Основне паливо, що використовується на котельнях – природний газ. Споживачі підключені до котелень по залежній безелеваторній схемі. Будівельна частина котелень в основному знаходиться в доброму стані.

Тепломеханічна частина котельні є морально застаріла та неефективна.

Котельні відносяться до другої категорії електропостачання.

Електрична та газова частини котелень знаходяться в задовільному стані. На вузлах обліку газу встановлені коректори обліку об'єму газу. Система газопостачання котеленьдвохступенева.

Відсутність пристроїв регулювання частоти обертів електроприводів на тягодуттєвих механізмах приводить до збільшення питомого енергоспоживання, особливо при мінімальних навантаженнях.

Насосне обладнання, що використовується на котельнях підприємства вітчизняного виробництва і характеризується підвищеним енергоспоживанням. Коефіцієнт корисної дії насосного обладнання, в основному, є нижчим від його паспортних даних через значну кількість ремонтів та тривалий термін експлуатації і знаходиться в межах 55-60%. Відсутність перетворювачів частоти струму на насосах, які працюють при змінних режимах роботи призводить до їх експлуатації при низьких значеннях ККД та вимушеного процесу дроселювання тиску, що в свою чергу збільшується питоме енергоспоживання.

На котельні спостерігається надлишок встановленої потужності в 44%

Таблиця №10

Обладнання яке використовується в котельні зазначено в таблиці				
Котли / пальники	Бак водонагрівач	ХВО	мережні насоси	Теплові насоси
КСВа-1.25 «БК-32» з ПГС-БМ-1.4 2шт.	-	DFU- 1665	NL 80/400- 22-4-12	-
Рекомендоване обладнання для технічного переоснащення				
Котли / пальники	Бак водонагрівач	ХВО	мережні насоси	Теплові насоси
КСВа-1.25 «БК-32» з ПГС-БМ-1.4 2шт.	Бак ViessmannRefl ex AF 1500 4шт	DFU- 1665	NL 80/400- 22-4-12	Тепловий насос ViessmannV itocal 300-G Pro типу BW 302.CS230 3шт

Потреба мікрорайону який обслуговує котельня по вул.Барміна м. Малин Житомирської області. в тепловій енергії порахована в таблиці №11

Таблиця №11

№ п/п	Споживачі	Теплові навантаження, Гкал/год		
		На опалення	На гаряче водопоста- чення та вентиляцію	разом
1	вул.Чорновола,34	0,09	0,06	0,15
2	вул.Чорновола,34а	0,09	0,06	0,15

3	вул.Чорновола,34б	0,04	0,03	0,07
4	вул.Чорновола,36	0,09	0,06	0,15
5	вул.Чорновола,38	0,09	0,06	0,15
6	вул.Чорновола,40	0,25	0,15	0,4
7	вул.Чорновола,53	0,25	0,15	0,4
8	вул.Барміна,25	0,15	0,12	0,27
9	вул.Барміна,27	0,15	0,12	0,27
10	вул.Барміна,29	0,09	0,06	0,15
Всього Гкал/год:		1,29	0,87	2,16
Всього МВт/год:		1,5	1,01	2,51

Потрібна кількість газу в рік (Існуюче становище)

Кількість газу = кількість споживаної теплової потужності / (ККД котла * теплота згоряння газу)

Теплота згоряння газу залежить від його складу, але наближених розрахунків можна взяти значення близько 50 МДж/м³.

Тоді, підставляючи значення формулу, отримаємо:

Кількість газу = (1,01 одиниць теплової потужності) / (0,92 * 50 МДж/м³) = 0,022 м³/с

Таким чином, для виробництва 1,01 МВт енергії при ККД 92% необхідно спожити близько 0,022 м³/с газу.

Таким чином, для виробництва 1,5 МВт енергії при ККД 92% необхідно спожити близько 0,032 м³/с газу.

Потрібна кількість газу в тонах на рік

Кількість газу в тонах на рік = (кількість газу на секунду) * (кількість секунд на рік) * (маса одного кубічного метра газу)

Кількість секунд на рік = $60 * 60 * 24 * 365.25 = 31\,536\,000$ секунд на рік (з огляду на високосний рік)

Приблизна маса одного кубічного метра природного газу за стандартних умов дорівнює близько 0,72 тони.

Підставляючи значення формулу, отримаємо:

Кількість газу в тонах на рік = $(0,0178 \text{ м}^3/\text{с}) * (31\,536\,000 \text{ секунд на рік}) * (0,72 \text{ тони}/\text{м}^3) \approx 500$ тони газу на рік.

Таким чином, споживання газу для забезпечення ГВП на протязі року з потужністю 1,01 МВт із ККД 92% становить близько 500 тон на рік.

Порахуємо приблизно пів року холодного періоду (температура нижче 8 градусів за Цельсієм) та пів року теплого періоду з необхідної потужністю для ГВП на 20% нижче ніж в холодний період року, тобто 0,8 МВт.

Кількість газу в тонах на рік = $500 \text{ т}/2 + 500 \text{ т} * (1-20\%)/2 = 250 + 200 = \mathbf{450}$ тон на рік.

Таким чином, споживання газу для теплопостачання 1,5 МВт із ККД 92% становить близько 740 тон на рік.

Порахуємо приблизно пів року холодного періоду (температура нижче 8 градусів за Цельсієм). Тобто саме в цей період потрібно виробляти енергію для опалення.

Кількість газу в тонах на рік = $740/2 = \mathbf{370}$ тон на рік.

Загалом потреба природного газу складає 820 тон на рік

3.2. Після реконструкції

Для реконструкції обрано теплові насоси ґрунт-вода які повинні забезпечити повну потребу в тепловій енергії для гарячого водопостачання. Вибір цих насосів саме для гарячого водопостачання зроблений з наступних причин:

1. Для теплозабезпечення житлових будівель теплові насоси є досить значними з точки зору енергетичного потенціалу, оскільки тепловий насос використовує до 75% енергії з навколишнього середовища (в нашому випадку з ґрунту) для теплопостачання. Це дозволяє ефективно використовувати джерела енергії, які раніше вважалися не придатними для опалення та гарячого водопостачання будинків, та знижує залежність від традиційних викопних джерел енергії (природний газ, нафта, вугілля та інші).
2. Згідно технічної документації виробників, тепловий насос може забезпечити більш 4 кВт теплової енергії з 1 кВт електроенергії, яка використовується для його роботи. Це означає, що тепловий насос може бути ефективнішим джерелом енергії для теплозабезпечення будівель, особливо в регіонах з дешевою електроенергією.
3. Застосування ВДЕ у тому числі теплових насосів для теплозабезпечення житлових будівель допомагає покращити фінансовий показник витрат на опалення та зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу, що є важливим кроком у боротьбі з всесвітнім потеплінням.
4. Теплові насоси підвищують енергетичну безпеку та завдяки стрімкому зростанню цін на енергоносії, вони стануть одним із найдешевших варіантів теплопостачання.
5. Теплові насоси вже дешевші в експлуатації, ніж звичайні котли, але їх висока початкова вартість, з урахуванням монтажних робіт, стримує від придбання. Україна повинна субсидувати системи ВДЕ, якщо потрібно досягти своїх кліматичних цілей.

6. Теплові насоси використовують технологію, яка використовується в холодильниках або кондиціонерах. Вони отримують тепло з джерела – в нашому випадку ґрунту - і підсилюють це тепло.
7. Теплові насоси набагато ефективніші за звичайні котли, оскільки вони підсилюють та передають тепло, а не виробляють його. Більшість цього тепла потрапляє в приміщення.
8. Щорічне встановлення теплових насосів у світі перевищить 6 млн. одиниць до 2030 року.

Для розрахунку потреб у паливі після реконструкції потрібні данні по часу роботи котлів та теплового насосу з графіку витрат теплоти по тривалості опалювального періоду. Сформуємо таблицю №13 залежності виробленої потужності котлами та тепловими насосами від температури зовнішнього повітря, згідно графіку змін теплових навантажень та графік витрати теплоти відповідно тривалості опалювального періоду (Додаток 1 до Реферату).

Дані витрат природного газу по кількості тон на годину берем з технічної документації виробника [18].

Таблиця №12

Температура зовні град. С	Необхідна потужність кВт/год	На кількість годин	Котли		Теплові насоси
			Вроблена потужність, кВт	Витрата газу за кількість годин, тон	Вироблена потужність, кВт
-20	2300	150	2300	19,65	
-15	2100	150	2100	17,94	
-10	2000	150	2000	17,09	
-9	1950	150	1525	13,03	425
-7	1900	150	1400	11,96	500
-5	1850	150	1325	11,32	525
-4,5	1820	150	1280	10,94	540
-4	1780	150	1220	10,42	560
-3,5	1760	150	1188	10,15	572

-3	1740	150	1156	9,88	584
-2,5	1720	150	1124	9,60	596
-2	1700	150	1092	9,33	608
-1,5	1680	150	1060	9,06	620
-1	1660	150	1028	8,78	632
-0,5	1640	150	996	8,51	644
0	1620	150	964	8,24	656
0,5	1600	150	932	7,96	668
1	1580	150	900	7,69	680
1,5	1560	150	868	7,42	692
2	1540	150	836	7,14	704
2,5	1520	150	804	6,87	716
3	1500	150	772	6,60	728
3,5	1480	150	740	6,32	740
4	1460	150	708	6,05	752
4,5	1440	150	676	5,78	764
5	1420	150	640	5,47	780
5,5	1395	150	575	4,91	820
6	1370	150	510	4,36	860
7	1345	150	445	3,80	900
8	1320	150	370	3,16	950
49 750,00		4 500,00	31 534,00	269,43	18 216,00

Розрахункова витрата палива на рік по котельні на вул.Барміна м. Малин Житомирської області вказана в таблиці № 13.

Таблиця №13

Витрата палива тон в рік		Витрата електроенергії Тисяч. кВт. в рік	
Існуюче становище	Після переоснащення	Існуюче становище	Після переоснащення
820	270	186	549

3.3. Висновки

Встановлення теплових насосів забезпечить трикратну економію природного газу за рік навіть з урахуванням вироблення енергії для гарячого теплопостачання, що в свою чергу в три рази зменшить викиди в атмосферне повітря. Також за рахунок роботи теплових насосів буде використано майже в три рази більше електроенергії. На скільки вигідніше використовувати теплові насоси для забезпечення мети проекту, буде пораховано в розділі 4.2. «Економічні розрахунки».

4. ЕКОЛОГО ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

4.1. Розрахунки викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферне повітря

Відновлювані джерела енергії все більше використовуються в усьому світі в останні роки, оскільки країни прагнуть скоротити викиди парникових газів і рухатися до більш сталого енергетичного майбутнього. Щорічні викиди CO₂, пов'язані з виробництвом тепла, зросли майже на 0,6 Гт CO₂ до 14,1 Гт CO₂, що становить 39% світових викидів CO₂, пов'язаних з енергетикою.

Однак теплові насоси все ще задовольняють лише близько 10% глобальної потреби в опаленні будівель, що нижче рівня, необхідного для досягнення сценарію «Чисті нульові викиди до 2050 року» [19]. За цим сценарієм, до 2030 року світовий парк теплових насосів досягне близько 600 мільйонів одиниць, що покриватиме більше 20% світових потреб в опаленні.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу при спалюванні природного газу

Витрата природного газу **V**; тон

Густина природного газу – $\rho=0,723$ кг/м³;

Нижча робоча теплота згорання палива – $Q_r = 45,75$ МДж/кг.

Показники емісії забруднюючих речовин:

$k_{NO_x}=64,311$ г/ГДж;

$k_{CO} = 248,75$ г/ГДж;

$k_{CO_2} = 58748,13$ г/ГДж;

$$k_{N_2O} = 0,1 \text{ г/ГДж};$$

$$k_{CH_4} = 1,0 \text{ г/ГДж}.$$

1. Валовий викид оксиду азоту (у перерахунку на діоксид азоту) (код 4001):

$$E_{NOx} = 10^{-6} * k_{NOx} * Q_r * B = 10^{-6} * 64,311 * 45,75 * B$$

2. Валовий викид азоту оксиду (код 4002):

$$E_{N_2O} = 10^{-6} * k_{N_2O} * Q_r * B = 10^{-6} * 0,1 * 45,75 * B$$

3. Валовий викид оксиду вуглецю (код 6000):

$$E_{CO} = 10^{-6} * k_{CO} * Q_r * B = 10^{-6} * 248,75 * 45,75 * B$$

4. Валовий викид метану (код 12000):

$$E_{CH_4} = 10^{-6} * k_{CH_4} * Q_r * B = 10^{-6} * 1,0 * 45,75 * B$$

5. Валовий викид діоксиду вуглецю (код 7000):

$$E_{CO_2} = 10^{-6} * k_{CO_2} * Q_r * B = 10^{-6} * 58748,13 * 45,75 * B$$

4.1.1. Існуюче становище та після модернізації

Розрахунок викидів парникових газів при існуючому становищі та після модернізації наведено в таблиці №14.

Таблиця №14

Витрати	Існуюче становище	Після модернізації
Природний газ, тон	820	270
Природний газ, тис.м ³	1 138,89	375
Викиди в атмосферне повітря, тон		
Валовий викидів оксиду азоту NO _x	2,413	0,794
Валовий викидів азоту оксиду N ₂ O	0,004	0,001
Валовий викид оксиду вуглецю CO	9,332	3,073
Валовий викид метану CH ₄	0,038	0,012

Валовий викид діоксиду вуглецю CO ₂	2203,936	725,686
--	----------	---------

4.2. Економічні розрахунки

4.2.1. Вартість обладнання для переоснащення

Вартість обладнання для переоснащення розрахована в таблиці № 15

Таблиця №15

№ з.п.	Назва	Кількість	Ціна з ПДВ, грн	Сума з ПДВ, грн
1	Бак ViessmannReflex AF 1500	4	221 580,00	886 320,00
2	Тепловий насос ViessmannVitocal 300-G Pro типу BW 302.CS230	3	6 115 920,00	18 347 760,00
3	Додаткові матеріали	1	9 173 880,00	9 173 880,00
4	Буріння свердловин	20 000	2 100,00	42 000 000,00
5	Роботи по монтажу, налаштування та запуску			8 256 492,00
				78 64 452,00

4.2.2. Плата за викиди

Ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення. РОЗДІЛ VIII. ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОДАТОК ПОДАТКОВОГО КОДЕКСУ УКРАЇНИ. [20] приведені в таблиці №16

Таблиця №16

Найменування забруднюючої речовини	Ставка податку, гривень за 1 тону
Азоту оксиди	2574,43
Аміак	482,84
Ангідрид сірчистий	2574,43
Ацетон	965,67

Бенз(о)пірен	3277278,63
Бутилацетат	579,84
Ванадію п'ятиокис	9656,78
Водень хлористий	96,99
Вуглецю окис	96,99
Вуглеводні	145,50
Газоподібні фтористі сполуки	6373,91
Тверді речовини	96,99
Кадмію сполуки	20376,22
Марганець та його сполуки	20376,22
Нікель та його сполуки	103816,62
Озон	2574,43
Ртуть та її сполуки	109127,84
Свинець та його сполуки	109127,84
Сірководень	8273,63
Сірковуглець	5376,59
Спирт н-бутиловий	2574,43
Стирол	18799,08
Фенол	11685,10
Формальдегід	6373,91
Хром та його сполуки	69113,38.

4.2.3. Плата за газ та електроенергію

Вартість газу

Середня вартість газу за рік для підприємств від ТОВ ГК "Нафтогаз України" дорівнює 34,5 грн/1м³ з ПДВ.

Вартість електроенергії

Середня вартість електроенергії за рік для підприємств від АТ "Житомир-обленерго" за 2 клас напруги до 35кВт дорівнює 1718,532/1мВт з ПДВ.

Тариф на передачу електроенергії дорівнює 582,12/1мВт з ПДВ.

Розрахунки утримання котельні при існуючому та модернізованому становищі приведені в таблиці №17

Таблиця №17

Витрати	Поточн е станови ще	Після модерн ізації	Ціна, грн з ПДВ	Поточне становище Сума витрат, грн з ПДВ	Після модернізації Сума витрат, грн з ПДВ
Природний газ, тон	820	270			
Природний газ, м ³	1 138,89	375			
Електроенергія МВт.	186	549			
Викиди в атмосферне повітря, тон					
Валовий викидів оксиду азоту NOx	2,413	0,794	2574,43	6 211,14	2 045,13
Валовий викидів азоту оксиду N2O	0,004	0,001	2574,43	9,66	3,18
Валовий викид оксиду вуглецю CO	9,332	3,073	96,99	905,10	298,02
Валовий викид метану CH4	0,038	0,012	138,57	5,20	1,71
Валовий викид діоксиду вуглецю CO2	2203,936	725,686	30,00	66 118,08	21 770,59
Вартість енергоресурсів, грн					
Вартість газу			34,5	39 291 666,67	12 937 500,00
Вартість електроенергії			1718,53 2	319 646,95	943 474,07
Тарифи на передачу електроенергії			582,12	108 274,32	319 583,88
Разом:				39 792 837,11	14 224 676,58

Різниця витрат на оплату утримання котельні між поточним та модернізованим становищем складає **25 568 160,54 грн з ПДВ за рік.**

4.3. Окупність прийнятих рішень

Період окупності проекту – це час, який потрібний для того, щоб сума надходжень (прибутку) від реалізації проекту відшкодувала суму витрат на його впровадження. Період окупності вимірюється в роках або місяцях.

Формула розрахунку

$\text{PaybackPeriod} - \text{PBP} = \text{Початкові інвестиції} / \text{прибуток} = 78,6 \text{ млн} / 25,5 \text{ млн}$

1. Вартість обладнання та робіт згідно таблиці №15 складає 78,6 млн.грн.
2. Економія (прибуток) за рахунок використання теплових насосів складає 25,5 млн грн.
3. Окупність рішення складає **3 роки.**
4. Строк впровадження системи теплових насосів складає 1 рік.
5. Строк служби системи теплових насосів до капітального ремонту складає 15-20 років.

Висновок: При використанні теплових насосів можна отримувати прибуток 25,5млн за рік протягом 15 років, покращення технічного, економічного, екологічного та соціального стану теплопостачання джерелами яких є міські котельні.

5. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Охорона праці - це система заходів для збереження життя і здоров'я працівників у процесі діяльності, яка включає правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи. Щоб ця система діяла, необхідно запровадити відповідний нормативно-правовий акт, який би регулював усі питання, пов'язані з підготовкою, прийняттям та реалізацією управлінських рішень. При цьому треба пам'ятати, що система з управління охорони праці (СУОП) є складовою загальної системи управління підприємства і спрямована не тільки на створення оптимальних умов праці, але й на використання резервів виробництва, підвищення продуктивності праці та значне покращання якості продукції або послуг. Для регулювання питань з охорони праці вказаних в нормативно-правовому акті потрібен метод визначення систем й оцінок рівня ризику й безпеки на підприємстві під час виконання робіт, надання послуг, виробництва або іншої діяльності, що існують на конкретних об'єктах компанії.

Завдання охорони праці – зменшити імовірність травм або захворювання співробітника з одночасним забезпеченням оптимальних умов праці при забезпеченні максимальній працездатності співробітника.

Аналіз зазначаємо в табличній формі. Небезпечні і шкідливі фактори приймаємо згідно положенню про розслідування нещасних випадків, профзахворювань і аварій на підприємствах.

5.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

(при виконанні санітарно-технічних робіт)

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	2	3	4
Підвищена температура гідроізоляційного, теплоізоляційного матеріалу	Ізоляційні	$t \leq 180^{\circ}\text{C}$	ДБН А.3.2-2-2009(р.16)
Електричний струм	Електрозварювальні, електромонтажні, випробувальні, експлуатаційні	U=220В, U=380В	ДСТУ Б.А.3.2-13:2011 ПУЕ -2017 НПАОП 40.1-1.21-98 ДБН А.3.2-2-2009 ДСТУ БА 3.2-15:2011 ДБН В 2.5-28-2018
Підвищений рівень шуму та вібрації	Експлуатація насосних станцій, систем вентиляції	80, дБа	ДСН 3.3.6. 037-99, ДСН 3.3.6. 039-99
Підвищена запиленість та загазованість	Зварювальні, монтажні, експлуатація і ремонт мереж	6ГДК мг/м ³	Наказ МОЗ України №1596 від. 14.07.2020

робочої зони	водопостачання і каналізації, хлорування		НПАОП 41.0-1.01-79 ДСТУ БА 3.2-14:2011
Недостатнє освітлення робочої зони	Виконання робіт по монтажу, експлуатації, ремонту інженерних систем	150лк	ДБН В.2.5-28-2018 ДСТУ Б.А. 3.2.-15:2011
Незадовільні параметри мікроклімату	Монтаж, експлуатація систем	Температура, t 12°C, вологість, f 40-60%, рухливість повітря, v 0,1-0,3м/с	ДСН 3.3.6.042-99
Атмосферна електрика	Захист будівель від блискавки	II категорія	ДСТУ EN 62305-3:2021
Машини, що працюють під тиском	Котельні установки, газопроводи, газові балони, паропроводи	0,4, мПа	НПАОП 0.00-1.81-18
Пожежна безпека	Монтаж, випробовування, експлуатація і ремонт інженерних систем	$K_{п/б} = П-2$ $K_{вог.} = В-1а$	ДБН В.1.1-7-2016 ДБН В.1.2-7-2021 ДСТУ Б В.1.1.-36:2016
Горіння, вибух, пожежа, незадовільні	Виконання газонебезпечної	Концентрація газу не вище 1/5 нижньої межі	НПАОП 0.00-1.76-15

параметри мікроклімату	роботи	вибуховості; зварювальна аерозоль	
---------------------------	--------	---	--

5.2. Будівля котельні

Одноповерхова споруда розміром в плані 24x18 м, висотою 6 м. В котельні є котельна зала та група виробничих (операторська, санвузол) і побутове приміщення. Вбудовані приміщення відокремлюються одне від одного цегляними перегородками, а від котельної зали цегляними перегородками та залізобетонним покриттям. В зовнішніх стінах котельної зали утворюються прорізи для вікон, необхідних, як легко скидні конструкції розрахованої площі. Котельня робить з постійно присутнім обслуговуючим персоналом.

В котельній залі встановлене наступне обладнання:

- водогрійні газові котли (два КСВа-1.25 «ВК-32» з ПГС-БМ-1.4 потужністю 1,25 МВт кожен);

- насос рециркуляції (до кожного котла), насос мережної води (2 робочі, 1 резервний), насос підживлення котлів (1 робочий, 1 резервний);

- повітряний обігрівач (витрата повітря 11770 м³/год) для подачі нагрітого повітря до котельного залу;

- плоска припливна установка з електронагрівачем (витрата повітря 340 м³/год) для подачі нагрітого повітря до електрощитової, операторської, побутового приміщення.

- вентилятори подачі первинного та вторинного повітря SLUM 311 (1 шт.) та S 20/A (2 шт.) продуктивністю 1860 м³/год та 720 м³/год відповідно.

Котли працюють з надлишковим тиском 0,4 МПа, використовуються для нагріву води системи опалення та гарячого водопостачання житлового масиву. Параметри теплоносія – 95/70 °С. Температура відпрацьованих газів після котлів 120 °С. Для відводу димових газів передбачені дві труби

(діаметром 400 мм), відмітка верху димових труб плюс 23,00 м. Для котлів паливом є газ. Резервне паливо не передбачається.

Напруга живлення електрообладнання 380/220 В.

Нижче розглянуті результати аналізу вказаних факторів та заходів, які виключають або зменшують шкідливий вплив цих факторів на організм людини.

5.3. Організаційні заходи з техніки безпеки

При експлуатації і обслуговуванні котлів слід керуватися діючими "Правилами безпеки систем газопостачання України " (ДНАОП0.00-1.20-98), "Правил будови та безпечної експлуатації об'єкта електроустановок споживачів", "Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів" для електроустановок напругою до 1000 В. До роботи на котлах можуть бути допущені особи, які пройшли інструктаж з охорони праці і мають посвідчення на право роботи з газифікованим обладнанням та обслуговуванням котлів.

До робіт з технічного обслуговування і ремонту електроустаткування і автоматики допускаються особи, які мають право на проведення робіт в електроустановках, з кваліфікацією не менш III розряду. Клеми датчиків і виконавчих приладів повинні бути надійно захищені від попадання пилу і вологи. Металоконструкції та електрообладнання повинно бути надійно заземлено. Забороняється знімати кришки з електроустаткування при наявності напруги, а також експлуатувати електрообладнання зі знятими кришками. Забороняється повторний запуск пальників після аварійного вимкнення без з'ясування і усунення причин вимикання. Експлуатація пальників при несправній автоматичній забороняється. При витoku газу забороняється робота пальника, запалювання вогню, включення і виключення електрообладнання. Всі види ремонтних і профілактичних робіт слід виконувати тільки на непрацюючому обладнанні, при відключених пальниках та електричних і газових мережах. Розміщення

приладів і проводок слід виконувати за місцем, монтаж захисного заземлення виконати відповідно до діючих інструкцій з монтажу електроустановок систем автоматизації РМ4 -200- 82. Монтаж приладів і засобів автоматизації слід виконувати згідно будівельних норм і правил ДБН В.2.5-27-2006.

5.4. Безпечна експлуатація обладнання котельні

Компоновка основного та допоміжного обладнання виконана у відповідності до вимог розділу розд.7 ДНАОП 0.00-1.08-94 та передбачає можливість демонтажу та монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

Проектне розташування котлів задовольняє нормам приміщень для котлів (ДБН В.2.5-77:2014 Котельні). Відстань від фронту котлів до протилежної стіни котельні перевищує мінімально нормовану 3 м, так як котли працюють на твердому паливі. Вільний прохід перед фронтом котлів більше 1,5 м. Ширина проходів між котлами складає більше 1 м. Відстань від задньої стінки котла до стіни приміщення більше 1 м.

Допоміжне обладнання розташовується таким чином, щоб забезпечити максимальну доступність та зручність обслуговування. Забезпечена необхідна ширина проходів у світлі:

- між насосами, електродвигунами та стіною – 1 м;
- між допоміжними частинами обладнання та стіною - 0,5 м.

Для управління котлами та забезпечення безпечних режимів їх експлуатації вони повинні мати:

- манометри;
- прилади для вимірювання температур середовищ;
- показники рівня води;
- прилади безпеки;
- пристрої підживлення.

Проектом передбачається установка необхідної запірної та регулюючої арматури, зворотних клапанів, повітровідвідників.

Для безпечної експлуатації, подання палива в котельню і в топку котла – механізоване.

5.5. Електробезпека

Тип електромережі, від якої живиться електрообладнання (електродвигуни насосів, вентиляторів, електронагрівач припливної установки, світильники робочого, аварійного, ремонтного, зовнішнього освітлення) трьохфазнотрьохпровідна з глухозаземленою нейтраллю з напругою живлення 380/220В. Частота 50 Гц.

Споживачами електричної енергії в котельні є:

- електродвигун вентилятора первинного повітря (1 шт.) – кожного номінальна потужність $P= 1,1$ кВт, номінальна сила струму $I = 12$ А, напруга $U= 380$ В;
- електродвигун вентилятора вторинного повітря (2 шт.) – кожного номінальна потужність $P= 0,75$ кВт
- електродвигун насосу мережної води (2 робочі, 1 резервний) - $P= 30$ кВт, $I= 54,5$ А, $U= 380$ В;
- електродвигун насосу підживлення котла (1 робочий, 1 резервний) - $P= 1,5$ кВт, $I= 4,3$ А, напруга $U= 380$ В;
- припливна установка FLG 010-ZFW:
 - електронагрівач - $P= 6$ кВт, $U= 380$ В;
 - електродвигун вентилятора - $P= 0,27$ кВт, $I= 1,2$ А, $U= 220$ В;
- електродвигун вентилятора повітряного обігрівача Rotavent –
 $P = 2,4$ кВт, $I = 4,3$ А, $U= 380$ В;
- витяжний вентилятор KVK160 - $P = 81$ Вт, $I = 0,35$ А, $U= 220$ В;

- робоче, аварійне освітлення - $U = 220 \text{ В}$.

Категорія надійності електропостачання – друга.

Чинниками, що впливають на тяжкість ураження людини електричним струмом є величина струму, що проходить крізь людину, напруга, під яку вона потрапляє.

У відповідності до ДСТУ Б В.2.5-82:2016 для змінного струму частотою 50 Гц для нормального (неаварійного) режиму роботи електроустановки гранично допустима напруга дотику та безпечний струм для людини не повинні перевищувати значень $U_{\text{дот}} = 2\text{-}3 \text{ В}$, $I_{\text{люд}} = 0,3 \text{ мА}$. При значеннях відносної вологості повітря більше 75 % ці норми струму та напруги зменшуються в 3 рази.

Основними безпосередніми причинами потрапляння людей під напругу є:

- дотик до неізольованих струмовідних частин електроустановок, які знаходяться під напругою, або до ізольованих за фактично пошкодженої ізоляції;
- дотик до неструмовідних частин електроустановок або до електрично зв'язаних з ними металоконструкцій, які опинилися під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

По небезпеці електротравматизму котельню відносять до 3-ї категорії - приміщення з підвищеною небезпекою електротравматизму, так як тут має місце наявність фактору підвищеної небезпеки – можливість контакту обслуговуючого персоналу з корпусом споживача електричної енергії та з металоконструкціями, що мають контакт з землею, а також струмопровідної підлоги.

З метою захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом проектом передбачені заходи безпеки:

- у випадку нормального режиму роботи електроустановок;
- при переході напруги на неструмовідні частини електроустановок.

5.5.1 Технічні рішення для попередження електротравм від дотику до нормально струмоведучих частин:

- 1) ізоляція нормально струмоведучих елементів електрообладнання у відповідності з вимогами нормативів;
- 2) забезпечення недоступності неізольованих струмоведучих елементів, кабелі прокладаються у кабельних коробах по стінах;
- 3) використання захисних блоків, вони унеможливають доступ до неізольованих струмовідних частин без попереднього зняття з них напруги, попереджують помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок, не допускають порушення рівня електробезпеки та вибухозахисту електрообладнання без попереднього відключення його від джерела живлення
- 4) використання засобів орієнтації в електрообладнанні, що попереджує помилкові дії під час обслуговування та експлуатації електрообладнання – написи, таблички, попереджувальні знаки, сигналізація;
- 5) використання зниженої напруги від трансформатора 220/12 В – для ремонтного освітлення 12 В;

5.5.2 Технічні рішення для попередження електротравм при переході напруги на нормально неструмоведучі частини

Так як вся мережа трьохфазна, чотирьохпровідна з глухозаземленою нейтраллю і напруга живлення до 1000 В, то для усунення небезпеки ураження людини струмом, у випадку його дотику до неструмоведучих

металічних частин електроустановок, що опинилися під напругою, проектом передбачено використання занулення металічних корпусів електрообладнання, каркасів, щитів та шаф.

Занулення – спеціальне електричне з'єднання нормально не струмоведучих елементів обладнання із заземленим нульовим проводом. Метою занулення є усунення безпеки ураження електричним струмом персоналу під час пробою на корпус обладнання однієї фази мережі. Вказана мета досягається в результаті швидкого відключення максимального струмового захисту ділянки мережі, на якому виникло замикання на корпус.

Передбачається виконання нормативів щодо занулення:

- забезпечується необхідна кратність струму короткого замикання (3-1.25);
- забезпечується цілісність нульового провідника та достатня його провідність – за рахунок вибору достатнього перерізу нульового провідника та використання повторних заземлювачів нульового провідника.

Для попередження ураження електричним струмом передбачаються електрозахисті засоби. Встановлюються переносні захисні огороження, заземлення. Для роботи з електрообладнанням обслуговуючий персонал забезпечується діелектричними рукавицями, діелектричним взуттям, ізолюючими кліщами, інструментами з ізольованими ручками, також використовують діелектричні килими та підставки.

Для забезпечення безпечної роботи електроустановок передбачається також система організаційних заходів у відповідності з «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів» та

«Правил технічної безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів». До цих вимог відносяться:

- до обслуговування електроустановок допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медогляд;
- створити такі умови, щоб працівники, на яких покладено обов'язки з обслуговування електроустановок, відповідно до чинних вимог, своєчасно здійснювали їх огляд;
- забезпечити своєчасне навчання і перевірку знань працівників з питань електробезпеки.

До вводу котельні повинні бути складені необхідні інструкції у відповідності з «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів» та «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів».

5.6. Оптимальні санітарно-гігієнічні умови праці

5.6.1 Вплив параметрів мікроклімату робочої зони на здоров'я персоналу котельні. Оптимізація параметрів мікроклімату.

Людина постійно знаходиться в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем. Рівняння теплового балансу між організмом людини і зовнішнім середовищем:

$$Q = Q_T + Q_K + Q_{ВП} + Q_{ВПР} + Q_{П},$$

де Q_T , Q_K , $Q_{ВП}$, $Q_{ВПР}$ - теплота, яку віддає організм людини навколишньому середовищу відповідно теплопровідністю через одяг, шляхом конвекції, через випромінювання, шляхом випаровування вологи з поверхні шкіри; $Q_{П}$ - теплота, яку витрачає організм людини на нагрівання вдихнутого повітря.

На механізм теплообміну впливають параметри мікроклімату.

Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови до високого рівня працездатності.

Мікрокліматичні умови характеризуються такими показниками:

- 1) температура повітря t , °C;
- 2) вологість повітря W , %;
- 3) швидкість повітря V , м/с;
- 4) потужність теплового випромінювання, Вт/м².

Для того, щоб фізіологічні процеси в організмі людини проходили нормально, температура його тіла повинна бути постійною (незмінною).

Значне відхилення параметрів мікроклімату від оптимальних може спричинити до ряду фізіологічних порушень в організмі людини, до різкого зниження працездатності і навіть до професійних захворювань. Наприклад, тривалий вплив низьких температур може викликати місцеве та загальне охолодження організму і стати причиною таких захворювань, як ангіна, катар верхніх дихальних шляхів, неврит, радикуліт та ряд інших захворювань. Під впливом високих температур можливий перегрів організму, який характеризується підвищенням температури тіла людини, підвищенням частоти пульсу та дихання, слабкістю, а в тяжких випадках – появою судоріг та теплового удару.

Підвищення вологості повітря (понад 75 %) у поєднанні з низькими температурами значно впливає на охолодження, а в поєднанні з високими температурами сприяє перегріву організму.

Людина починає відчувати рух повітря за швидкості 0,1 м/с. Незначне переміщення повітря за звичайних температур сприяє доброму самопочуттю. Великі швидкості повітря, особливо за низьких температур, збільшують теплові втрати організму, сприяють сильному його охолодженню.

Теплові випромінювання від нагрітих предметів та устаткування значно впливають на створення несприятливих мікрокліматичних умов.

Робота котельні передбачена з постійною присутністю обслуговуючого персоналу. В котельному залі температура підтримується 12 °С згідно з ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні». Параметри мікроклімату у інших приміщеннях нормуються по ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» в залежності від важкості робіт в котельні періоду року.

Формовані параметри мікроклімату на робочих місцях досягаються, в першу чергу, за рахунок раціонального планування виробничих приміщень, оптимального розміщення в них устаткування з тепловиділеннями. Для зменшення термічних навантажень на працюючих передбачається максимальна механізація, автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами і устаткуванням.

В котельні виконується теплова ізоляція технологічних трубопроводів обладнання, що мають температуру > 45 °С.

Приміщення котельні обладнано системами припливно-витяжної вентиляції. Для природної витяжної вентиляції в котельному залі передбачена установка двох дефлекторів. Система вентиляції котельного залу забезпечує необхідний повітрообмін 15-30 без врахування повітря, що йде на горіння, система вентиляції інших приміщень забезпечує трьохкратний повітрообмін електрощитової та 20 повітрообмін

операторської; витяжна вентиляція санвузлу влаштовується окремо від інших приміщень.

Для підтримання необхідної температури в операторській та побутовому приміщенні виконується радіаторне опалення (теплоносієм системи є гаряча вода з температурою 85 °С), електрощитова опалюється теплонадходженнями від електричного обладнання, в котельному залі влаштовується повітряне опалення.

5.6.2 Технічні заходи щодо забезпечення нормованого складу повітря робочої зони котельні

Склад шкідливих речовин в повітрі робочої зони котельні не повинен перевищувати гранично-допустимих концентрацій (ГДК). Повітря робочої зони нормується по ДСТУ-Н Б А. 3.2-1:2007 «Система стандартів безпеки праці в будівництві.», яким встановлюється гранично допустима концентрація різноманітних шкідливих речовин в повітрі котельні.

В умовах, що розглядаються в проекті, можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути:

- пил в приміщенні (нещільності в системі подачі палива) ГДК=6 мг/м³;
Технічні рішення для забезпечення необхідних нормованих параметрів:
 - установка вдосконаленого обладнання, в якому усунені викиди шкідливих речовин. Для попередження викидів пилу через нещільності з'єднання трубопроводів до арматури передбачені ущільнюючі прокладки всіх фланцевих з'єднань;
 - для автоматизації технологічних процесів на місцях вимірювання параметрів встановлені датчики, які передають інформацію на щити управління та сигналізації.

5.6.3 Забезпечення раціонального освітлення котельні

Виконане раціональне освітлення має важливе значення для виконання всіх видів робіт. Раціональне освітлення повинно відповідати таким умовам: бути достатнім (відповідним нормі); рівномірним; не утворювати тіней на робочій поверхні; не засліплювати працюючого; напрямок світла повинен відповідати зручному виконанню роботи. Це сприяє підтримці високого рівня працездатності, зберігає здоров'я людини та зменшує травматизм.

Приміщення котельні забезпечується природним та штучним освітленням.

5.6.3.1 Розрахунок природного освітлення.

Природне освітлення нормується величиною коефіцієнта природного освітлення К.П.О.Методика розрахунку природного освітлення викладена у ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Необхідне за нормами значення коефіцієнту залежить від системи природного освітлення, від поясу світлового клімату та розряду робіт.

$$КПО = e = \frac{E_{вн}}{E_{нар}} \cdot 100 \%, (5.1)$$

де $E_{вн}$ – внутрішнє природне освітлення в котельні, лк;

$E_{зов}$ – зовнішнє природне освітлення дифузним світлом всього небосхилу, що виміряне одночасно з $E_{вн}$, лк.

В даному випадку найменший розмір об'єкту 1 мм, відповідно розряд зорових робіт IV (середня точність), полоса світлового клімату - IV. Нормативна величина для котельної $e_H^{IV} = 1 \%$. В котельній передбачається бокове природне освітлення.

Для забезпечення допустимих параметрів при проектуванні приміщень котельні був проведений вибір розміру і кількості світлових проїомів.

Так як в котельні передбачено бокове освітлення, то скористаємося формулою:

$$100 \cdot \frac{S_B}{S_n} = \frac{e_H^{IV} \cdot \kappa_3 \cdot \eta_B}{\tau_3 \cdot r_1} \cdot \kappa_{\text{буд}}, \quad (5.2)$$

де S_B - площа вікон;

S_n - площа підлоги приміщення, 175 м^2 ;

e_H^{IV} - нормативне значення К.П.О,

Для м. Житомир дійсно IV поле світлового клімату:

$$e_{Hp} = e_n \cdot m$$

(5.3)

де e_n - нормоване значення К.П.О. $e_n = 1,5 \%$;

m - коефіцієнт світлового клімату, $m = 0,85$;

$$e_{Hp} = 1,5 \cdot 1 \cdot 0,85 = 1,275$$

κ_3 - коефіцієнт запасу для виробничих приміщень $\kappa_3 = 1,4$;

η_B - світлова характеристика вікон $\eta_B = 7,5$;

$\kappa_{\text{буд}}$ - коефіцієнт, що враховує затінення вікон будівлями, які розташовані навпроти $\kappa_{\text{буд}} = 1$;

τ_3 - загальний коефіцієнт світлопропускання

$$\tau_3 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5; \quad (5.4)$$

де τ_1 - коефіцієнт світлопроникнення матеріалу $\tau_1 = 0,8$;

τ_2 - коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі, $\tau_2 = 0,75$;

τ_3 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях при боковому освітленні, $\tau_3 = 1$;

τ_4 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях, $\tau_4 =$

1 ; τ_5 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями, $\tau_5 = 0,9$;

$$\tau_3 = 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,54;$$

r_1 - коефіцієнт, що враховує підвищення К.П.О при боковому освітленні завдяки світлу, що відбивається від поверхонь приміщення, $r_1 = 1,15$.

$$S_B = \frac{1,125 \cdot 1,4 \cdot 7,5 \cdot 1 \cdot 175}{0,54 \cdot 1,15 \cdot 100} = 33,29 \text{ м}^2.$$

В котельні влаштовуються чотири вікна, розміром $3,9 \times 1,95 \text{ м}^2$ кожне.

5.6.3.2 Технічні заходи щодо забезпечення штучного освітлення

Штучне освітлення нормується величиною освітленості, яка за нормами залежить від розряду робіт, системи освітлення, типу джерела світла та під- розряду робіт. Величина світла E нормується в люксах. В котельні маються місце роботи, що відносяться до 7 розряду.

Передбачається робоче, аварійне (безпеки) і ремонтне освітлення. Щитки робочого і аварійного освітлення живляться від різних секцій силового щита, розміщеного в електричному приміщенні.

Напруга мережі робочого і аварійного освітлення ~ 220 В, ремонтного - 12 В від трансформатора 220/12 В.

Аварійному освітленню підлягають:

- щити та пульт управління;
- вимірювальні прилади;
- фронти котлів та проходи між ними;
- вентиляторні площадки.

В приміщенні котельні окрім робочого і аварійного освітлення передбачаються світильники в вибухобезпечному виконанні, вимикачі для них встановлюються зовні біля входу в котельню.

5.6.4 Заходи, які передбачені проектом, щодо зменшення виробничого шуму в котельні

Шум є загально біологічним подразником і в певних умовах може впливати на всі системи життєдіяльності людини. Інтенсивний шум, особливо за високих частот при щоденному впливі призводить до виникнення професійного захворювання – глухості, симптомом якого є повільне втрачання слуху на обидва вуха. Шум впливає на різні відділення головного мозку змінюючи нормальні процеси вищої нервової діяльності, підвищується втомлюваність, з'являється загальна слабкість, роздратування, апатія, послаблення пам'яті, зниження гостроти зору, порушення функцій вестибулярного апарату, шлунково-кишкового тракту та інші порушення.

Для умов, що розглядаються в проекті допустимі рівні звуку не повинні перевищувати 80 дБА для виробничих приміщень котельні, 60 дБА

для приміщень управління та робочих кімнат згідно з ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Значення рівнів звукового тиску не повинні перевищувати 75 дБА (граничний спектр ПС-75).

Основними джерелами шуму є:

- пристрої подачі палива;
- дуттьові вентилятори та димососи, що випромінюють аеродинамічні, електромагнітні шуми;
- гідравлічні та повітряні системи, що випромінюють гідравлічні та аеродинамічні шуми;
- допоміжне обладнання, що випромінює механічні та електродинамічні шуми.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в котельні проектом передбачені наступні засоби та методи захисту від шуму:

- зменшення шуму в джерелі шляхом застосування кожухів для пальників, підбір оптимальних діаметрів труб для зменшення гідравлічних шумів;
- допоміжне обладнання, що поставляється заводами-виготовлювачами, проектується та виготовляється у відповідності зі стандартами, які встановлюють вимоги до забезпечення гранично допустимих шумових характеристик;
- для зниження звукового тиску в газоході та димових трубах встановлюють пластинчасті глушники шуму з напівжорсткої мінеральної плити в оболонці з склотканини та перфорованого листа;
- повітропроводи та вентиляційне обладнання приєднуються за допомогою гнучких вставок.

Ці заходи та конструктивні рішення забезпечують рівень шуму у котельні, операторській та електрощитовій нижче вимог санітарних норм.

5.6.5 Заходи щодо зменшення виробничої вібрації в котельні

Довготривалий вплив на людину вібрації призводить до розладу вестибулярного апарату, центральної та вегетативної нервових систем, захворювання органів травлення, серцево-судинної системи.

Нормовані значення вібрації вказані в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Нормовані параметри вібрацій:

- віброшвидкість - V , м/с;
- віброприскорення - W , м/с².

Логарифмічний рівень віброшвидкості

$$L_v = 20 \cdot \lg \left(\frac{V_i}{V_0} \right), \text{ дБА};$$

(5.5)

де V_i – середньоквадратичне значення віброшвидкості, м/с,

$V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$, м/с – вихідне значення віброшвидкості.

В котельні для загальної вібрації допустимі значення нормованого параметру в діапазоні октавних смуг із середньо геометричними частотами

8... 1000 Гц - 108 дБА, $L_v^{\text{факт}} = 80$ дБА.

Головними джерелами вібрацій в котельні являється насосне обладнання, де має місце поступальний обертальний рух роторів електродвигунів. Встановлене в котельні насосне обладнання, обладнання встановлюються на індивідуальних фундаментах з застосуванням віброізоляційні матеріалами.

5.7. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для підвищення безпеки в надзвичайних ситуаціях (НС) пропонується встановлення системи оповіщення (СО) виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення НС, наприклад при пожежі, здійснюється відповідно до вимог НАПБ А.01.003-2009.

Необхідність обладнання виробничих приміщень певним типом СО визначається згідно з додатком Е до ДБН В.1.1-7-2002 "Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва".

При обладнанні виробничих будівель системою оповіщення, їх необхідно поділяти на зони оповіщення з урахуванням об'ємно-планувальних рішень будинків, шляхів евакуації, поділення на протипожежні відсіки тощо, а також з урахуванням вимог, що наведені в примітці 1 таблиці Е.1 додатка Е до ДБН В.1.1-7-2002.

Розміри зон оповіщення, черговість оповіщення та час початку оповіщення людей в окремих зонах визначаються, виходячи з умов забезпечення безпечної та своєчасної евакуації людей у разі виникнення НС.

Оповіщення про НС та управління евакуацією людей здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією:

- поданням звукових і (або) світлових сигналів в усі виробничі приміщення будівлі з постійним або тимчасовим перебуванням людей;
- трансляцією текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямки руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;
- трансляцією спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;
- розміщенням знаків безпеки на шляхах евакуації згідно з ДСТУ ISO 6309;
- ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід";
- ввімкненням евакуаційного освітлення та світлових покажчиків напрямку евакуації;
- дистанційним відкриванням дверей евакуаційних виходів;

- зв'язком оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) із зонами оповіщення.

Як правило, СО вмикається автоматично від сигналу про пожежу, який формується системою пожежної сигналізації або системою пожежогасіння. Також з приміщення оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) слід передбачати можливість запуску СО вручну, що забезпечує надійну роботу СО не тільки при пожежі, а і у разі виникнення будь-якої іншої НС.

Повинен бути забезпечений розподіл пріоритетів щодо повідомлень для виробничого персоналу у такій послідовності:

I (найвищий) - повідомлення оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) під час пожежі, або у разі виникнення будь-якої іншої НС;

II - повідомлення, які записані на будь-якому носії та вмикаються автоматично від спрацювання систем пожежної автоматики, або за сигналом оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста);

III - службові повідомлення, що не стосуються організації та управління евакуацією людей.

Вимоги щодо евакуаційних заходів на випадок виникнення пожежі

Захист людей у разі пожежі є найважливішим завданням усієї системи протипожежного захисту. Вирішення цього завдання, в першу чергу, потребує впровадження ефективних евакуаційних заходів на випадок виникнення пожежі. Вирішення цього завдання досить складне, оскільки має власну специфіку та здійснюється іншими шляхами, ніж захист будівельних конструкцій чи матеріальних цінностей.

Рятування людей при пожежі – це вимушене переміщення людей назовні як при безпосередньому впливі на них великої кількості небезпечних факторів пожежі, так і при виникненні безпосередньої загрози цього впливу. Вимушений процес руху людей з метою рятування називається **евакуацією**.

Евакуація людей з будівель та споруд здійснюється через евакуаційні виходи. Шляхом евакуації називається безпечний для руху людей шлях, який веде до евакуаційного виходу.

Евакуаційний вихід – це вихід із будинку (споруди) безпосередньо назовні або вихід із приміщення, що веде до коридору чи сходової клітки безпосередньо або через суміжне приміщення. Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть із приміщень:

- першого поверху безпосередньо назовні або через вестибюль, коридор, сходову клітку;
- будь-якого поверху, крім першого, у коридор, що веде на внутрішню сходову клітку або безпосередньо на зовнішні відкриті сходи;
- у сусіднє приміщення на тому ж поверсі, яке забезпечене виходами, зазначеними у попередніх пунктах;
- цокольного, підвального, підземного поверху назовні безпосередньо через сходову клітку або коридор, що веде на сходову клітку, яка має вихід назовні.

Із приміщень, розташованих на другому та більш високих поверхах (висотою не більше 30 м) допускається передбачати евакуаційний (запасний) вихід на зовнішні сталеві сходи. Кількість евакуаційних виходів із приміщень та з кожного поверху будівель потрібно приймати згідно ДБН В. 1.1-7-2002, але не менше двох. Евакуаційні виходи повинні розташовуватись розосереджено. Мінімальну відстань між найбільш віддаленими один від одного евакуаційними виходами з приміщення можна визначати за формулою:

$$L = 1,5\sqrt{P} \quad (5.6)$$

де P – периметр приміщення.

Ширина шляхів евакуації повинна бути не менша 1 м, висота проходу – не менша 2 м. Улаштування гвинтових сходів на шляхах евакуації не

допускається. Між маршами сходів необхідно передбачати горизонтальний зазор не менше 50 мм.

Двері на шляху евакуації повинні відкриватися за напрямком виходу з приміщення. Двері на балкони та площадки, які призначені для евакуації з приміщень, де одночасно перебуває не більше 15 людей, а також із комор з площею не більше 200 м² та санітарних вузлів, допускається проектувати такими, що відкриваються в середину приміщення. Улаштування розсувних та в'їзних дверей на шляхах евакуації не допускається. Мінімальна ширина дверей на шляхах евакуації повинна бути 0,8 м. Ширина зовнішніх дверей сходових кліток повинна бути не менша ширини маршу сходів.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу із приміщення на сходову клітку або безпосередньо назовні не повинна перевищувати значень, що наведені у ДБН В1.1-7-2002.

Не допускається влаштовувати евакуаційні виходи через приміщення категорії А і Б, а також через виробничі приміщення в будівлях ШБ, IV, IVа, та V ступенів вогнестійкості.

Виконання нормативних вимог до шляхів евакуації ще не гарантує успішної евакуації людей у випадку пожежі. Для забезпечення організованого руху під час евакуації та попередження паніки технічні рішення повинні бути доповнені організаційними заходами, до яких, передусім, відносяться інструктаж та навчання персоналу. З цією ж метою розробляють плани евакуації з будівель та місць з масовим перебуванням людей.

План евакуації складається з двох частин: графічної і текстової. Графічна частина представляє собою план поверху або приміщення, на який нанесено пронумеровані евакуаційні шляхи і виходи з маршрутами руху. Маршрути руху до основних евакуаційних виходів зображуються суцільними лініями зі стрілками зеленого кольору, маршрути до запасних виходів – пунктирними зеленими лініями зі стрілками. Окрім маршруту руху на плані позначаються місця розташування засобів оповіщення та пожежогасіння.

5.8. Пожежна безпека в котельні

Питання попередження пожеж та зменшення завданої ними шкоди актуальні з точки зору як безпеки й збереження життя та здоров'я людей, так і економіки. В котельнях небезпека виникнення пожеж пов'язана з наявністю великої кількості палива (солом'яних пелет), різноманітних мастил в системах змазки технологічного обладнання та в електротехнічних установках; споживачів електроенергії власних потреб різноманітної потужності та напруги; високих температур теплоносія, відхідних газів, поверхонь технологічного обладнання та трубопроводів.

Джерела пожеж в котельні:

- іскри, що утворюються під час короткого замикання;
- нагрів електрообладнання під час його перевантаження;
- самоспалахування палива в подавальному пристрої.

Споруда котельні виконується з негорючих матеріалів, з негорючими та важкогорючими утеплювачами.

Фактори пожежної небезпеки в котельні:

- наявність природного газу з порівняно низькою температурою само-спалахування, який може утворити з повітрям вибухонебезпечну суміш;
- наявність великої кількості електрообладнання та електрокабелів, нагрів яких може привести до загоряння.

У відповідності з НАПБ Б.07.005-86 «Визначення категорій приміщень та споруд з вибухопожежної та пожежної безпеки», в залежності від умов, в яких може виникати вибухонебезпечна суміш, котельня відноситься до класу В-1а, як приміщення, в якому вибухонебезпечна суміш не утворюється під час аварій та несправностей.

5.8.1 Технічні рішення системи попередження пожеж

Вони обумовлюються наявністю трьох факторів: горючої речовини, окисника, джерела спалахування. Горюча речовина та окисник утворюють горюче середовище. Тому попередити пожежу можливо або попередженням утворення горючого середовища, або попередження утворення в горючому середовищі (або внесення в нього) джерел запалювання.

Попередження утворення горючого середовища забезпечується:

- за рахунок якісного виконання зварних робіт та стиків арматури та газопроводу, що попереджує можливість виникнення утворення горючого середовища;
- максимально можливе застосування негорючих та важкогорючих речовин і матеріалів;
- ізоляція горючого середовища;
- підтримання концентрації горючих газів, пару та окисника в суміші за межами їх спалахування;
- виконання комплексу заходів для попередження розгерметизації котлів та систем його обладнання;
- застосування змашувальних матеріалів з високою температурою самоспалахування;
- ізоляція поверхонь нагрівальних приладів, трубопроводів;
- застосування пристроїв захисту виробничого обладнання з горючими речовинами від пошкоджень та аварій, установки вимикаючих, відсікаючих та інших приладів.
- арматура застосовується стальна I класу герметичності;
- електрична проводка виконана в трубах та металічних рукавах.

Для попередження утворення в горючому середовищі джерел запалювання застосовуються швидкодіючі заходи захисного відключення можливих джерел запалювання.

5.8.2 Технічні рішення протипожежного захисту

Вони направлені на попередження розповсюдження пожежі, захисту людей та матеріальних цінностей від впливу шкідливих та небезпечних факторів пожежі, на створення умов для ліквідації пожежі.

В котельному залі встановлені теплові автоматичні точкові пожежні сповіщувачі типу СП103-2В Ех вибухобезпечного виконання, а в інших - автоматичні точкові димові пожежні сповіщувачі типу СП212-5. На виході зовні із залу котельні встановлено ручний пожежний сповіщувач СПР Ех вибухобезпечного виконання. Автоматичні пожежні сповіщувачі обрані з урахуванням можливості раннього виявлення пожежі, умов навколишнього середовища в місцях їх розташування, а також забезпечення зручності експлуатації.

Огороджуючі конструкції котельні виконані парогазоводонепроникними з негорючих матеріалів з межею вогнестійкості 0,75 год.

Витрата води на внутрішнє пожежогасіння становить 5 л/с (2 струмини по 2,5 л/с). В приміщенні котельні проектом передбачена установка двох пожежних кранів $D=50$ мм. Пожежні крани встановлюються в шафах на висоті 1,35 м від рівня підлоги. Живлення протипожежної системи здійснюється від водопроводу протипожежного призначення. Джерелом зовнішнього пожежогасіння котельні являються пожежні гідранти, розташовані на діючому водогоні $D=150$ мм.

З будівлі назовні передбачається влаштування другого евакуаційного виходу через хвіртку у полотні існуючих воріт. Виходи з вбудованих приміщень передбачені назовні через котельну залу категорії Г по вибухопожежній та пожежній небезпеці. Проектом передбачено забезпечення всіх приміщень котельні первинними засобами пожежогасіння за нормами пожежного нагляду. Місця розташування пожежного інвентарю та його комплектність погоджені з місцевою пожежною інспекцією. У якості первинних засобів пожежогасіння передбачено для кислотно-лужних вогнегасника типу ОХП-10 (3 шт.), пожежний інвентар (покривало - 1×2 м, ящик з піском - $0,5 \text{ м}^3$).

6. ЗАХОДИ З АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для обігріву багатоквартирних будинків дуже активно використовується центральна система тепlopостачання. Центральне тепlopостачання передбачає постачання тепла до багатоквартирного будинку від централізованих теплоелектроцентралей через теплові мережі. Теплові магістралі (теплотраси) – елементи для транспортування теплоти від джерела теплоти до споживачів (об'єктів інфраструктури). Саме на теплових магістралях тепло витрачається без ефективного використання. Тобто, просто гріє повітря або землю замість того, щоб забезпечувати теплом споживача. У зв'язку з цим ККД централізованих котелень дуже низький. У цьому проекті ми зменшимо тепловтрати на доставці тепла споживачеві за рахунок зменшення температури теплоносія.

Актуальність. Природний газ – один із важливих енергетичних ресурсів, який потрібен для різноманітних галузей промисловості, опалення житлових будинків та виробництва електроенергії. Використання природного газу залежить від температури, сезону, рівня промислового виробництва та енергозабезпечення населення. Надмірне споживання природного газу може призвести до зниження енергоефективності будівель.

Для вирішення проблеми надмірного споживання газу треба заощадити його споживання за рахунок регулювання температури подачі в залежності від температури зовнішнього повітря.

Але якщо зробити локальне вимірювання температури повітря в багатоквартирному будинку, то будинок буде споживати менше теплової енергії, а температура теплотрас буде залишитися не змінною, що призведе до додаткових тепловтрат на постачання тепла. Враховуючи це потрібно щоб температура теплоносія в теплотрасі теж змінювалась. Цю проблему можна вирішити за рахунок розміщення датчиків вимірювання температури повітря на генеруючих тепло агрегатах (котлах). Але є ще один нюанс – це інертність

постачання теплоносія до споживача (багатоквартирного будинку). Наприклад якщо споживач знаходиться за 1,5км від тепло генерації, то в середньому він відчує зміну температури на вході в будинок через 30 хвилин. Для вирішування цієї проблеми треба знати зміну температури повітря заздалегідь. Нам на допомогу приходять сервіси прогнозу погоди.

Мета. Мета проекту – знизити втрати тепла в магістральних трубопроводах завдяки створенню та дослідженню електронної системи автоматичної зміни температури теплоносія в тепломагістралі в залежності від прогнозу температури повітря, наявності вітру, хмар чи опадів (дані надходять з сервісів прогнозу погоди) яка в свою чергу скорельована з поточною температурою повітря (дані надходять з датчиків).

Поставлені задачі:

- дослідження та аналіз теплових втрат на ділянки трубопроводу за одну годину, Вт;
- дослідження та аналіз існуючих сервісів прогнозу погоди;
- аналіз датчиків температури, сумісних з Arduino;
- розробка алгоритму автоматичної зміни температури теплоносія в тепломагістралі;

6.1. Аналіз існуючих розробок

Прогноз погоди може використовуватись у міських системах опалення для оптимізації роботи та зниження витрат на енергоресурси. Наприклад, якщо на прогнозований період очікується тепла погода, система може автоматично знизити температуру подачі тепла, щоб не перегрівати приміщення і не зайве витрачати енергію.

Ще один приклад використання прогнозу погоди у міських системах опалення – це прогнозування попиту на енергію у майбутньому. Якщо прогнозується холодна погода, то система може збільшити виробництво тепла, щоб задовольнити попит, що збільшується.

Крім того, прогноз погоди може використовуватися для визначення оптимального розкладу обслуговування та ремонту системи опалення, щоб мінімізувати простої та знизити витрати на ремонт.

Прикладом такої системи може бути система "SmartHeat" у місті Лондоні, яка використовує дані прогнозу погоди для оптимізації витрати енергії та зниження витрат на опалення будівель. Також, місто Нью-Йорк використовує прогноз погоди у своїй системі опалення для зниження витрат та зменшення шкідливого впливу на довкілля.

SmartHeat - це інтелектуальна система керування опаленням, розроблена в Лондоні для оптимізації використання енергії в будинках та скорочення витрат на опалення. Система використовує прогноз погоди та дані про погодні умови для передбачення змін потреби у опаленні будівель.

Принцип дії SmartHeat полягає в тому, що система збирає дані про температуру повітря, вологість, швидкість вітру та інші параметри погоди. Ці дані використовуються для визначення оптимальної температури тепла в будівлі. Якщо прогнозується тепла погода, система автоматично знижує температуру подачі тепла, щоб не перегрівати приміщення і не зайве витрачати енергію. У той же час, якщо прогнозується холодна погода, то система збільшує температуру подачі тепла, щоб задовольнити попит, що збільшується.

Крім того, SmartHeat використовує дані про споживання енергії в будинках і на основі цього передбачає зміни попиту на енергію в майбутньому. Якщо прогнозується збільшення попиту, система може автоматично збільшити виробництво тепла, щоб задовольнити підвищений попит.

SmartHeat також має функцію керування розкладом обслуговування та ремонту системи опалення. Система використовує дані про погоду та споживання енергії для визначення оптимального розкладу обслуговування та ремонту, щоб мінімізувати простой та знизити витрати на ремонт.

В цілому, SmartHeat є ефективною системою управління опаленням, яка використовує прогноз погоди та дані про споживання енергії для оптимізації роботи системи та зниження витрат на енергоресурси.

На сьогоднішній день існує кілька аналогів SmartHeat, які також використовують прогноз погоди та дані про погодні умови для оптимізації роботи систем опалення та зниження витрат на енергоресурси.

- OptimumEnergy - американська компанія, яка розробила систему OptimumLOOP для управління системами опалення та охолодження у комерційних будівлях. Система використовує прогноз погоди та дані про споживання енергії для оптимізації роботи системи та зниження витрат на енергоресурси.
- Enerbrain – італійська компанія, яка розробила систему управління енергоспоживанням у будинках. Система використовує прогноз погоди та дані про погодні умови, щоб передбачати зміни споживання енергії та оптимізувати роботу системи опалення та охолодження.
- enModus - британська компанія, яка розробила систему SmartHomeEnergyManagementSystem (SHEMS), яка використовує

прогноз погоди та дані про споживання енергії для оптимізації роботи системи опалення, освітлення та інших енергоспоживаючих пристроїв у будинку.

- Veeyond – французька компанія, яка розробила систему управління енергоспоживанням для житлових та комерційних будівель. Система використовує прогноз погоди та дані про споживання енергії для оптимізації роботи систем опалення, охолодження, освітлення та інших енергоспоживаючих пристроїв у будівлі.
- Tado – німецька компанія, яка розробила систему управління опаленням та кондиціонуванням повітря для будинків та квартир.
- Nest - американська компанія, яка виробляє розумні термостати для управління системами опалення та кондиціонування повітря у будинках та квартирах.
- Netatmo - французька компанія, яка виробляє розумні термостати для керування системами опалення та кондиціонування повітря у будинках та квартирах.
- Honeywell – американська компанія, яка виробляє розумні термостати та системи управління опаленням для житлових та комерційних будівель.
- Ecobee - канадська компанія, яка виробляє розумні термостати для керування системами опалення та кондиціонування повітря у будинках та квартирах.
- Heatmiser – британська компанія, яка виробляє розумні термостати та системи управління опаленням для будинків та квартир.
- Salus – китайська компанія, яка виробляє розумні термостати та системи управління опаленням для будинків та квартир.
- Danfoss - данська компанія, яка виробляє розумні термостати та системи керування опаленням для будинків, квартир та комерційних будівель.

Це ще не повний список аналогів SmartHeat у світі, але він демонструє, що існує безліч компаній, які розробляють та виробляють розумні системи керування опаленням, які використовують прогноз погоди для оптимізації роботи та зниження витрат на енергоресурси.

Розумні термостати для керування системами опалення та кондиціонування повітря працюють на основі збору даних про температуру в приміщенні та порівняння їх із встановленими параметрами. Вони також використовують датчики руху, які визначають, коли в приміщенні знаходяться люди, та керують системою опалення або кондиціонування повітря, щоб підтримувати комфортну температуру у приміщенні.

Деякі розумні термостати також використовують інформацію про прогноз погоди, щоб передбачити, коли потрібно включити або вимкнути опалення чи кондиціонування повітря, щоб досягти максимальної ефективності та знизити витрати на енергоресурси.

Крім того, розумні термостати можуть використовувати алгоритми машинного навчання для аналізу споживання енергії та визначення найбільш ефективних способів керування системою опалення чи кондиціонування повітря у конкретному будинку чи квартирі. Наприклад, вони можуть враховувати розміри приміщення, кількість вікон та утеплення стін, щоб визначити оптимальну температуру та час роботи системи опалення чи кондиціонування повітря.

6.2. Дослідження та аналіз теплових втрат на ділянки трубопроводу за одну годину, Вт

Методика розрахунку теплових втрат із труби

$$Q = b \cdot l \cdot q$$

b - коефіцієнт враховує теплові втрати через опори, з'єднання та арматуру, що приймається за СНиП2.04.014 і рівний для сталевих трубопроводів з $D_y < 150 \text{ мм}$ $b = 1.2$, $D_y \geq 150$ $b = 1.15$, а для неметалевих труб $b = 1.7$. Примітка. Розрахунок проводиться без урахування коефіцієнта b якщо він не зазначений у таблиці.

l - Довжина ділянки, м;

q – теплові втрати з одного метра труби за годину, Вт/м.

$$q = k \cdot 3.14 \cdot (t_w - t_c)$$

t_w - температура води в трубопроводі, ° С;

t_c - температура середовища навколишній трубопровід, ° С;

k - лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/м ° С;

$$k = 1 / ((1/2\lambda_t) \cdot \ln(d_{нт}/d_{вт}) + (1/2\lambda_i) \cdot \ln(d_{ні}/d_{ві}) + 1/(\alpha_n \cdot d_{ні}))$$

λ_t – коефіцієнт теплопровідності матеріалу труби, Вт/м²°С;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності теплової ізоляції, Вт/м²°С;

$d_{вт}$, $d_{нт}$ – внутрішній та зовнішній діаметри труби відповідно, м;

$d_{ві}$, $d_{ні}$ – внутрішній та зовнішній діаметри ізоляції відповідно, м;

α_n - коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні теплової ізоляції, Вт/м²°С, що приймається за додатком 9 СНиП 2.04.14 'Теплова ізоляція обладнання та трубопроводів';

Для прикладу візьмем магістральний сталевий трубопровід діаметром 108мм зі стінкою 4.0мм. Протяжність трубопроводу 1500 м. Товщина ізоляції 20мм. Температура ґрунта 8 градусів.

При температурі подачі 95 градусів (ДБН В.2.5-20:2008 "Теплові мережі. Зовнішні мережі та споруди") градусів теплові втрати на ділянці складають 290 кВт/ год.

При температурі подачі 60 градусів теплові втрати на ділянці складають 160 кВт/ год.

Різниця складає 130 кВт/год.

При виробленні з 1 кубічного метра газу в середньому 10 кВт теплової енергії, економія становить 13 м³ газу на годину. За добу (24 години) 312 м³, на місяць 9 360 м³, на рік 113 880 м³.

За ціни природного газу для юридичних осіб на даний момент 34,5 гривень/1м³, економія при регулюванні температури в магістральному трубопроводі може становити близько 3 900 000 гривень на рік.

6.3. Дослідження та аналіз існуючих сервісів прогнозу погоди

Погодою завжди займалися та займаються ізольовані від зовнішнього світу інститути, лабораторії та великі державні організації. Хто і як породжує прогнози погоди, завжди залишалося загадкою, покритою нальотом містики. Більшість із них — це великі державні організації, об'єднані у WorldMeteorologicalOrganization.

Для отримання погоди будемо використати RESTful API. RESTful API - це інтерфейс, що використовуються двома комп'ютерними системами для безпечного обміну інформацією через Інтернет. Більшість бізнес-додатків повинні взаємодіяти з іншими внутрішніми та сторонніми програмами для виконання різних завдань.

Як працює RESTful API

Базовий принцип роботи RESTful API збігається із принципом роботи в Інтернеті. Клієнт зв'язується з сервером за допомогою API, коли йому потрібний ресурс. Розробники описують принцип використання REST API клієнтом у документації на API яку можна знайти на будь якому сервісу прогнозу погоди. Нижче наведено основні етапи запиту REST API:

1. Клієнт надсилає запит на сервер. Керуючись документацією API, клієнт форматує запит так, щоб його розумів сервер.
2. Сервер автентифікує клієнта та підтверджує, що клієнт має право зробити цей запит.
3. Сервер отримує запит та внутрішньо обробляє його.
4. Сервер повертає клієнтові відповідь. Відповідь містить інформацію, яка повідомляє клієнту, чи був запит успішним. Також запит включає відомості, запрошені клієнтом.

Відомості про запит і відповідь REST API можуть відрізнятися залежно від того, як розробники проектують API.

Ось список деяких популярних погодних сервісів, які підтримують REST API і можуть бути використані для України:

1. OpenWeatherMap (<https://openweathermap.org/api>)
2. Weatherbit (<https://www.weatherbit.io/api>)
3. AccuWeather (<https://developer.accuweather.com/apis>)
4. WeatherAPI (<https://www.weatherapi.com/>)
5. Meteomatics (<https://www.meteomatics.com/en/api/overview/>)
6. Aerisweather (<https://www.aerisweather.com>)

Нижче розглянемо API сервісів прогнозу погоди у контексті конкретного варіанта використання: отримаємо прогноз погоди. Розглянемо для прикладу два сервіси OpenWeatherMap та Aerisweather.

Отримуємо ключ авторизації

Майже кожен сайт API має метод автентифікації запитів. Зазвичай ми надаємо ключ API у своїх запитах для отримання відповіді. Зараз нам потрібно отримати ключі API, щоб надсилати запити нашому API погоди.

Навіщо запиту потрібна авторизація

Вимога авторизації дозволяє видавцям API робити таке:

- ліцензований доступ до API;
- оцінка ліміту кількості запитів;
- Контролює доступ певних функцій в API та багато іншого.

Для запуску коду нам потрібно буде використовувати власні ключі API, оскільки ці ключі зазвичай обробляються як паролі і не видаються або не публікуються відкрито на веб-сторінці.

Отримуємо ключ авторизації OpenWeatherMap API

- Переходимо на сторінку <https://openweathermap.org>
- Натискаємо SignUp в навігаційній панелі та створити обліковий запис
- Після створення облікового запису повернутися на сторінку <https://openweathermap.org> та клацнути Signin
- Після входу потрапляємо до панелі розробника. Клацаємо на плашку API key
- Зберігаємо згенерований ключ у зручному місці.

Отримуємо секретний код та ID AerisWeather API

І для розмаїття, давайте отримаємо ключі для AerisWeather API. AerisWeather API вимагає секретного коду та ідентифікатора для надсилання запитів.

- Відкриваємо сайт <https://www.aerisweather.com> та натискаємо кнопку Getstartedforfree (безкоштовна версія обмежує кількість запитів, які можна зробити).
- Вводимо username, email та пароль, після чого натискаємо Signupforfree для створення облікового запису в сервісі Aeris. Після цього входимо до облікового запису.
- Після входу до облікового запису натискаємо Account у правому верхньому кутку.
- Натискаємо Apps(у другому навігаційному ряду праворуч від Usage) і там вибираємо NewApplication
- У діалоговому вікні Add a NewApplication вводимо таке:
 - ApplicationName: Mybikingapp
 - ApplicationNamespace: localhost
 - Натискаємо SaveApp.

Після реєстрації програми ми повинні побачити його ідентифікатор, секретний код та простір імен. Скопіюємо цю інформацію у місце, до якого можемо легко отримати доступ, оскільки воно знадобиться вам для надсилання запитів.

Кожен сервіс має документацію по API, за допомогою якої та ключа авторизації/ секретного коду, ми отримуємо інформацію о погоді.

Основна інформація, яку надають сервіси це:

- **Хвилинний прогноз на 1 годину**
- **Погодинний прогноз на 48 годин**

- Щоденний прогноз на 8 днів
- Історичні дані за 40+ років тому за позначкою часу
- Національні попередження про погоду

Особливість прогнозу у тому, що менше період прогнозу тим більше точний. В рамках нашого проекту ми розглядаємо котельню яка працює на забезпечення теплом в районі. Найбільш віддалений споживач (багатоквартирний будинок) знаходиться на відстані 1,5км. від тепло генерації, то в середньому він відчує зміну температури на вході в будинок через 30 хвилин.

За допомогою запиті до сервісу погоди, ми отримуємо прогноз саме на 1 годину вперед. Дані, які нам необхідні для роботи:

- температура







6.4. Аналіз датчиків температури, сумісних з Arduino

Існує безліч датчиків температури, сумісних із Arduino, ESP32, ESP8266 та іншими платами для розробки. Таким чином, може бути складно підібрати найбільш підходящий датчик для проекту. Я порівняю 6 широко використовуваних датчиків температури: DHT11, DHT22, LM35, DS18B20, VME280 та BMP180.

Я порівняю датчики по протоколу зв'язку, діапазону температур, точності, простоті використання та багато іншого. Я також проведу простий експеримент, в якому я вимірюю температуру в одному і тому ж середовищі з використанням всіх датчиків температури протягом часу. За допомогою цього експерименту я побачив, як датчики реагують на зміни температури. Цей експеримент проводився приблизно 36 годин.

Порівняння датчиків температури: DHT11, DHT22, LM35, DS18B20, VME280, BMP180

Таблиця №18

						
Датчик	DHT11	DHT22	LM35	DS18B20	VME280	BMP180
Вимірювання	Температура Вологість	Температура Вологість	Температура Вологість	Температура Вологість	Температура Вологість Тиск	Температура Вологість Тиск
Протокол зв'язку	Однопроточний	Однопроточний	Аналоговий	Однопроточний	I2C SPI	I2C
Напруга живлення	від 3 до 5,5 В постійного струму	від 3 до 6 В постійного струму	від 4 до 30 В постійного струму	від 3 до 5,5 В постійного струму	від 1,7 до 3,6 В (для чіпа) від 3,3 до 5 В для плати	від 1,8 до 3,6 В (для мікросхеми) від 3,3 до 5 В для плати
Діапазон температур	від 0 до 50°C	від -40 до 80°C	-55 до 150°C	від -55 до 125°C	від -40 до 85°C	від 0 до 65°C
Точність	+/- 2°C (від 0 до 50°C)	+/- 0,5°C (від -40 до 80°C)	+/-0,5°C (при 25°C)	+/-0,5°C (від -10 до 85°C)	+/-0,5°C (при 25°C)	+/-0,5°C (при 25°C)
Підтримка (Arduino IDE)	Adafruit DHT Library Уніфікована бібліотека датчиків	Adafruit DHT Library Уніфікована бібліотека датчиків	analogRead()	DallasTemperature OneWire	Бібліотека Adafruit VME280 Уніфікована бібліотека датчиків	Adafruit BME085 Уніфікована бібліотека датчиків Adafruit

	Adafruit	Adafruit			Adafruit	
Підтримка (MicroPython)	модуль dht (входить до мікропрограми MicroPython)	модуль dht (входить до мікропрограми MicroPython)	з машинного імпорту ADC ADC().read	модуль ds18b20 (входить до мікропрограми MicroPython)	Бібліотека Adafruit BME280	Модуль BMP180

DHT11 проти DHT22 (AM2302)

DHT11 і DHT22 (AM2302) — цифрові датчики температури, які вимірюють температуру та вологість. Вони дуже схожі і працюють однаково, але мають різні характеристики.

Обидва датчики можуть живитися від 3,3 В або 5 В. Отже, ви можете легко використовувати їх у своїх проектах Arduino або ESP.

Датчик DHT22 має кращу роздільну здатність і ширший діапазон вимірювання температури і вологості. Однак це трохи дорожче, і ви можете запитувати показання лише з інтервалом у 2 секунди.

DHT11 трохи дешевший, має менший діапазон і менш точний. Але ви можете отримувати показання датчиків щосекунди.

Незважаючи на відмінності, вони працюють подібним чином, і ви можете використовувати той самий код для читання температури та вологості. Вам просто потрібно вибрати в коді тип датчика, який ви використовуєте.

Отже, якщо ви готові витратити додатковий долар, ми рекомендуємо DHT22 замість DHT11.

LM35, LM335 і LM34

LM35 , LM335 і LM34 є лінійними датчиками температури, які видають напругу, пропорційну значенню температури . LM35 відкалібрований у градусах Цельсія, LM335 у Кельвінах і LM34 у Фаренгейті. Отже, залежно від одиниць вимірювання температури, які ви використовуватимете у своєму проєкті, один із цих датчиків може бути більш практичним, ніж інший.

Ми рекомендуємо використовувати LM35 або LM34 замість LM335, оскільки віднімання великого числа від вимірювань LM335 для перетворення температури з Кельвіна може погіршити точність результатів.

Згідно з даними, датчики LM35 і LM34 потребують дуже мало струму для роботи, близько 60 мкА. Це призводить до дуже низького самонагрівання (приблизно 0,08°C у нерухомому повітрі), що означає, що сам датчик не впливатиме на вимірювання температури.

Щоб зчитати температуру з цих датчиків, вам просто потрібно зчитати вихідну напругу датчика за допомогою аналогового штифта. Якщо ви використовуєте Arduino, вам просто потрібно використувати `analogRead()` і ви отримаєте показники температури з двома десятковими комами.

Отже, якщо вам потрібен дешевий і простий у використанні датчик для моніторингу температури, LM35 може стати хорошим вибором. Крім того, оскільки він споживає дуже мало енергії, він чудово підходить для портативних проєктів, де потрібне низьке енергоспоживання.

Датчик температури DS18B20

Датчик температури DS18B20 є однопровідним цифровим датчиком температури. Це означає, що йому потрібна лише одна лінія даних (і GND) для зв'язку з мікроконтролерами.

Він може живитися від зовнішнього джерела живлення або може отримувати живлення від лінії передачі даних (так званий «паразитний режим»), що усуває потребу у зовнішньому джерелі живлення.

Кожен датчик температури DS18B20 має унікальний 64-бітний серійний код. Це дозволяє підключати кілька датчиків до одного дроту даних. Таким чином, ви можете отримати температуру від кількох датчиків за допомогою одного GPIO.

Крім того, роздільна здатність датчика температури може бути встановлена на 9, 10, 11 або 12 біт, що відповідає крокам $0,5^{\circ}\text{C}$, $0,25^{\circ}\text{C}$, $0,125^{\circ}\text{C}$ і $0,0625^{\circ}\text{C}$ відповідно. Стандартна роздільна здатність під час увімкнення живлення становить 12 біт.

Датчик температури DS18B20 також доступний у водонепроникній версії, ідеально підходить для зовнішніх проектів або для вимірювання температури рідини.

ВМЕ280 проти ВМР180

ВМЕ280 і ВМР180 є барометричними датчиками, тобто вони зчитують атмосферний тиск. ВМЕ280 також оснащений датчиком температури та вологості, а ВМР180 – датчиком температури. Оскільки тиск змінюється з висотою, ці датчики також можна використовувати для оцінки висоти.

Що стосується діапазону температур, ВМЕ280 має ширший діапазон вимірювань: від -40 до 85°C , тоді як ВМР180 вимірює лише від 0 до 65°C . Слід мати на увазі, що модуль ВМЕ280 трохи самонагрівається, тому вимірювання температури можуть бути на 1 або 2 градуси вище реального значення температури.

BME280 може використовувати протокол зв'язку I2C або SPI, тоді як BMP180 може використовувати лише зв'язок I2C.

Датчик BME280 дорожчий, але має більше функцій. Наприклад, ви можете побудувати проект метеостанції лише з цим датчиком. Але якщо ви не зацікавлені у вимірюванні тиску чи вологості, ви можете придбати дешевший датчик температури.

Інтерфейс цих датчиків з Arduino, ESP8266 і ESP32 дуже простий завдяки бібліотекам Adafruit.

Тестування всіх датчиків температури

У цьому експерименті фіксувалися показники температури з різних температурних датчиків протягом певного часу в однакових умовах.

Я підключив всі наступні датчики температури до ArduinoMega :

- DHT11
- DHT22
- LM35
- 2x DS18B20 на одній шині даних
- BME280
- BMP180

Дані були записані на картку microSD за допомогою модуля картки microSD . Експеримент тривав приблизно 36 годин, і показники температури реєструвалися кожні 5 хвилин.

Я підключив контакти даних датчиків температури до наступних контактів ArduinoMega:

- DHT11 : контакт 11
- DHT22 : контакт 12
- DS18B20 : контакт 14
- LM35 : контакт A0
- BME280 : програмний SPI на цих контактах: Pin 4 (MISO), Pin 5 (CS), Pin 6 (SCK), Pin 7 (MOSI)
- BMP180 : контакт 20 (SDA) і контакт 21 (CSL)

Модуль картки microSD підключався через апаратний SPI: Pin 51 (MOSI), Pin 50 (MISO), Pin 52 (SCK), Pin 53 (CS).

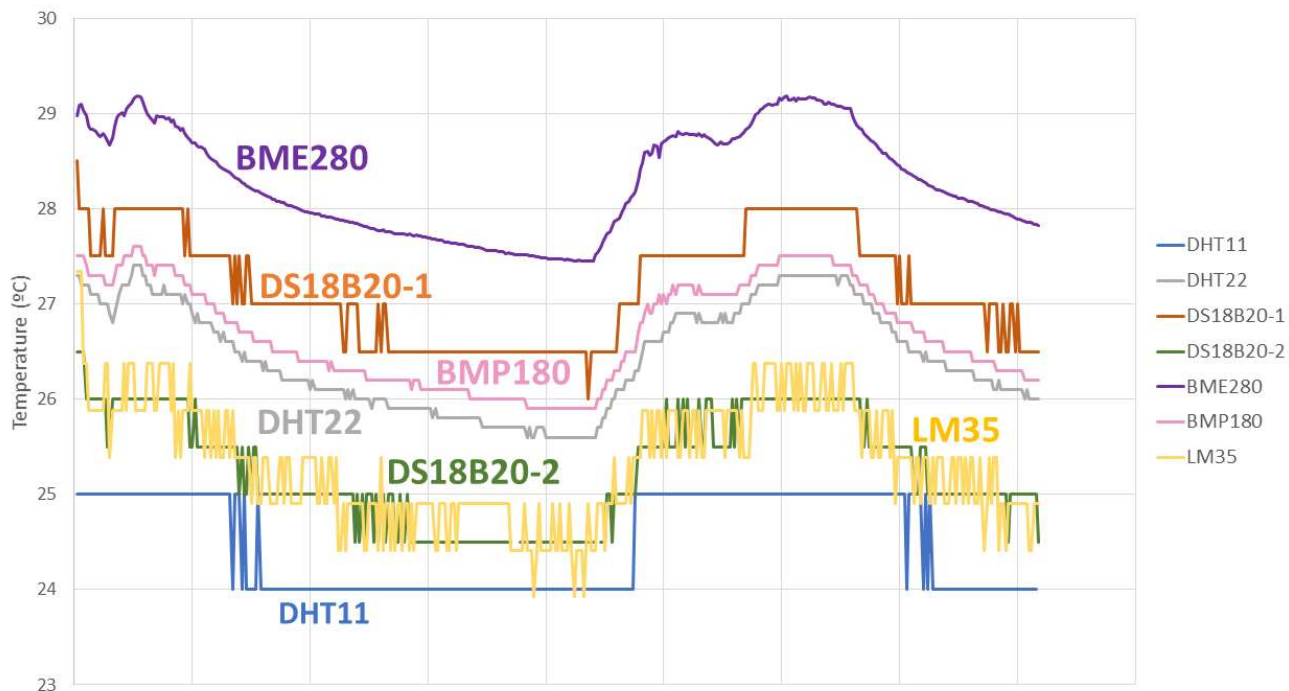


Рис. 2. Діаграма порівняння вимірів датчиків температури

Результати: Порівняння показань температури

Приблизно через 36 годин я вийняв картку microSD і скопіювали результати в електронну таблицю та побудував всі показники, щоб краще порівняти вимірювання від різних датчиків температури.

Якщо ви уважніше подивитесь на діаграми, ВМЕ280 виміряв трохи вищі значення, ніж інші датчики температури. Така поведінка є нормальною, і це описано в таблиці даних. Модуль трохи самонагрівається, і вимірювання температури можуть бути на 1 або 2 градуси вище реального значення температури.

Однак ВМЕ280 також є датчиком температури, який показує більш стабільні показники температури без значних коливань між показаннями. Це пов'язано з роздільною здатністю датчика. Він може виявляти зміни до $0,01^{\circ}\text{C}$.

У випадку датчиків температури DS18B20 ми бачимо деякі коливання між показаннями, і також помітно, що роздільна здатність не така хороша, як у ВМЕ280. Крім того, датчик температури DS18B20 був єдиним, хто давав деякі «нульові» показники протягом усього експерименту. Я виміряв два датчики температури DS18B20 в одній лінії даних, і один із датчиків не зміг зчитати температуру 6 разів протягом експерименту (протягом 36 годин).

DHT22 і BMP180 поведуться дуже схоже з невеликими коливаннями. DHT11 не міг виявити невеликі зміни температури, оскільки його роздільна здатність становить 1°C .

Нарешті, датчик температури LM35 виявив зміни температури між 24°C і 26°C , але з великою кількістю коливань між вимірюваннями.

Ця діаграма порівняння різних датчиків температури чітко показує, чим кожен датчик відрізняється від інших. Легше зрозуміти, як вони працюють і чи підходять вони для мого проекту. Саме тому з цього переліку було обрано електронний термометр на базі сенсора DHT22 якій

вимірює температуру в необхідному мені діапазоні температур від -40 до +80°C та з мінімальною похибкою +/- 0,5°C (від -40 до 80°C).

6.5. Розробка алгоритму автоматичної зміни температури теплоносія в тепломагістралі

Створення структурної схеми системи автоматичного регулювання температури теплоносія

Структурна схема системи є наступною. Датчики температури знаходяться у повітрі без попадання сонячних променів. Вони зчитують необхідну інформацію та передають її в контролерну частину системи. Також сервіси прогнозу погоди підключені за допомогою інтернет, будуть надавати інформацію по прогнозованій температурі на 30 хвилин вперед з частотою запиту раз в 30 хвилин. Для більш коректного прогнозу рекомендується отримувати інформацію не менш ніж з трьох сервісів та брати середні показники. У разі відсутності інтернету будуть прийматись дані тільки з датчиків температури. В якості контролера виступає мікроконтролер Arduino UNO з запрограмованим алгоритмом на базі нечіткої логіки. Наступним кроком є обробка інформації за алгоритмом та видача керуючого сигналу на котел, котрий, в свою чергу, буде регулювати подачу газу в залежності від необхідної температури теплоносія.

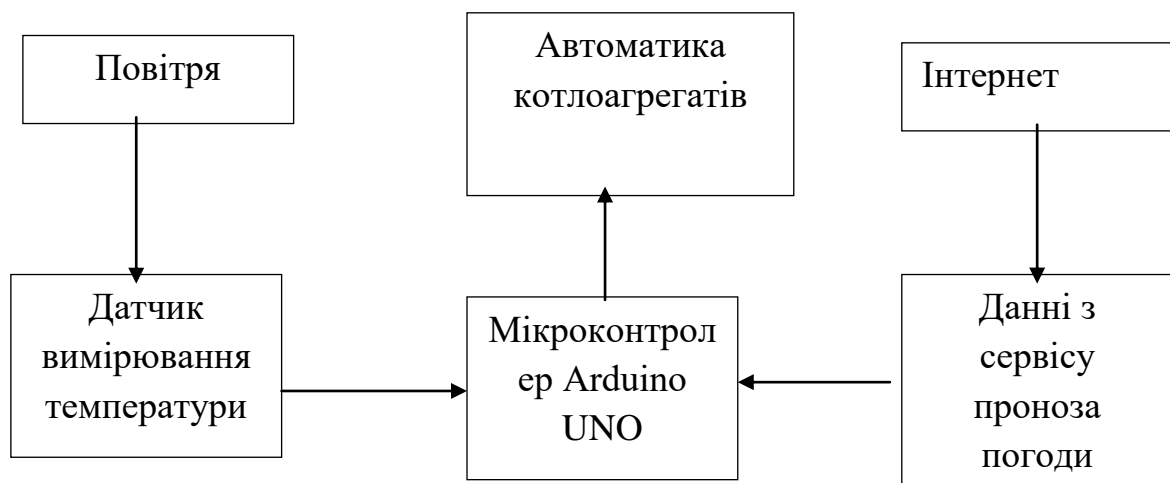


Рис.3 Структурна схема автоматичної системи автоматичного регулювання температури теплоносія

6.6. Алгоритм роботи автоматичного зміну температури теплоносія в залежності від температури повітря та прогнозу погоди на базі нечіткої логіки

Блок вхідних даних

Цей блок поділяється на дві частини:

- перша частина – це вхідні данні з датчику температури, діапазон встановлюється від -22 до +8 °С. У разі, якщо реальна температура нижче або вище заданого діапазону, у блоці сигналу приймається відповідно нижча або вища границя;
- друга частина – це вхідні данні з сервісу прогноза погоди, діапазон встановлюється від -22 до +8°С. У разі, якщо реальна температура нижче або вище заданого діапазону, у блоці сигналу приймається відповідно нижча або вища границя.

Матриця відповідності правил до функцій належності параметрів

Кожен тепловий пункт у багатоквартирному будинку оснащений системою, яка забезпечує регулювання температури теплоносія в залежності від температури повітря. Якісне регулювання теплоспоживання забезпечене програмованим контролером за сигналом датчика температури зовнішнього повітря визначає необхідну температуру теплоносія на вході в систему опалення, порівнює її з фактичною вимірною температурою і видає керуючий сигнал регулюючого клапана, змінюючи витрату теплоносія, що гріє. Тому нам потрібно, щоб температура теплоносія в магістралі не була нижчою за необхідну температуру для споживача для забезпечення його потреб в опаленні.

Котельня потужністю 2,5 МВт та побудуємо графік витрат теплоти по тривалості опалювального періоду для м. Київ. В котельній працюють 2 котлоагрегати "ВК-32" КСВа-1,25 МВт потужністю 1,25 МВт кожний та теплові насоси Vitocal 300-G ProTyp BW 302.CS230 у кількості 3 штуки.

Таблиця залежності потужності котла від температури подачі

Таблиця №19

Температура подачі, °С	Потужність котла, кВт
95	1 207
90	1 157
85	1 107
80	1 057
75	1 007
70	957
65	907
60	857
55	807
50	757
45	707
40	657

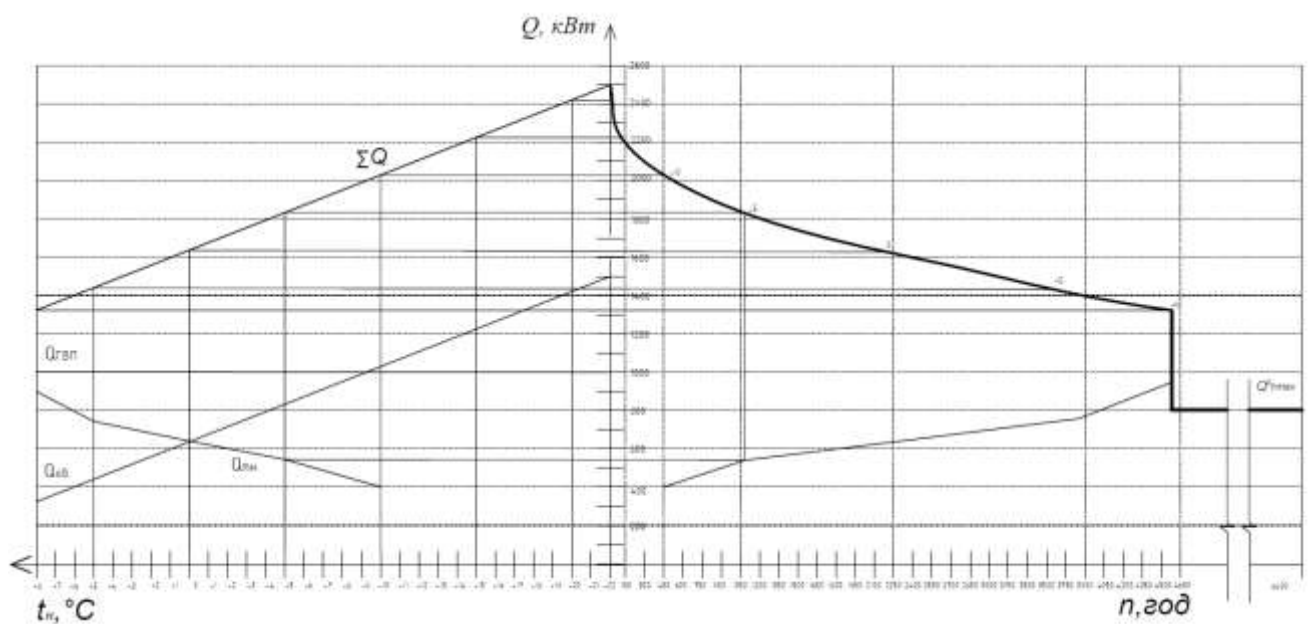


Рис. 4. Графік змін теплових навантажень та графік витрати теплоти відповідно тривалості опалювального періоду

6.7. Матриця відповідності правил до функцій належності параметрів

Таблиця №20

Температура зовнішнього повітря, °C	Кількість котлів	Температура подачі, °C	Кількість теплових насосів	Температура подачі, °C
-22	2	95		
-21	2	90		
-20	2	85		
-19	2	85		
-18	2	80		
-17	2	80		
-16	2	75		
-15	2	75		
-10	2	70		
-8	1	90	3	45
-5	1	85	3	45
-3	1	80	3	45
0	1	75	3	55
+3	1	60	3	55
+5			3	65
+8			3	65

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про теплопостачання : Закон України від 02.06.2005 № 2633-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15>
2. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу : Закон України від 05.04.2005 № 2509-IV.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2509-15#Text>
3. Про затвердження Порядку розроблення регіональних програм модернізації систем теплопостачання : Постанова Кабінету Міністрів України від 02.04.2009 № 401.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/401-2009-%D0%BF#Text>
4. Перелік схем теплопостачання населених пунктів та регіональних програм модернізації систем теплопостачання // Міністерство розвитку громад та територій України. URL: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/teplo-vodopostachannya-tavodovidvedennya/perelik-shem-teplopostachannya-naselenih-punktivta-regionalnih-program-modernizatsiyi-sistem-teplopostachannya/>
5. Про затвердження Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 1071-р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13#Text>
6. Про затвердження Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 № 605-р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#n2>
7. Про затвердження Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання : Розпорядження Кабінету Міністрів України- 294

Теплозабезпечення великих міст України: поточний стан і напрями модернізації від 18.08.2017 № 569-р.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80#n8>

8. Річні звіти Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг.

URL: <https://www.nerc.gov.ua/?id=11895>

9. Про затвердження Плану заходів із впровадження Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 10.05.2018 № 307-р.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/307-2018-%D1%80#Text>

10. Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності у сфері теплопостачання : Постанова НКРЕКП від 22.03.2017 № 308.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0308874-17#Text>

11. Про затвердження Змін до Ліцензійних умов провадження господарської діяльності у сфері теплопостачання : Постанова НКРЕКП від 07.07.2021 № 1085.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1085874-21#Text>

12. Державна служба статистики України. Експрес-випуск «Про оплату населенням житлово-комунальних послуг у червні 2020 року» // Державна служба статистики України.

URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/express/expr2021/12/150.pdf>

13. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 30.06.2023 № 3220-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>

14. Решетнікова О. С. Кредити міжнародних фінансових організацій як одне з джерел фінансування енергоефективних інвестиційних проектів у сфері централізованого теплопостачання. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія : Міжнародні економічні відносини та світове господарство. 2017. Вип. 13 (2). С. 99–104.

- 15.Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання. Навчальний посібник. – Київ: Кондор, 2007, – 244 с.
- 16.Прядко М.О., Павелко В.І., Рябчук О.В. Проектування системи теплопостачання житлово-промислового району міста. Мет. вказ. до виконання кваліфікаційного проекту “Система теплопостачання житлово-промислового району міста” рівня підготовки бакалавра, напряму 6.050601 “Теплоенергетика” для студентів денної та заочної форм навчання. Частина 1. . – К.: НУХТ, 2011. – 57 с.
- 17.Технічна документація на обладнання компанії Viessmann
URL: <https://www.manualslib.com/products/Viessmann-Bw-302-Cs230-12344372.html>
- 18.Технічна документація на обладнання котла "ВК-32" КСВа-1,25 МВт
URL: <https://megavat.com.ua>
- 19.Чисті нульові викиди до 2050 року.
URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-world/3263883-nulovi-vikidi-do-2050-roku-velika-simka-pogodila-spilni-klimaticni-cili.html>
- 20.Податковий кодекс. РОЗДІЛ VIII. ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОДАТОК.
URL: <https://tax.gov.ua/nk/rozdil-viii--ekologichniy-poda/>
- 21.Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском
URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-18#Text>