

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

Атестаційна випускна робота магістра

Мислицького Дмитра Михайловича

На тему: Підвищення енергоефективності систем енергозабезпечення

м.Малин Житомирської області

Керівник: д.т.н. професор Жук Г.В.

Київ 2023

Актуальність теми роботи

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 тепlopостачання 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 тепlopостачання в Україні та досягнення синергетичного ефекту.

Згідно з документом «Енергетична стратегія України до 2035р.» у первинному енергоспоживанні частка альтернативних джерел енергії сягне 25%. Наразі 11,5%.

Мета досліджень

Екологоекономічне обґрунтування доцільності використання альтернативних джерел енергії для потреб теплопостачання населених пунктів України (на прикладі району тепломереж і водогрійної котельні №9 м.Малин Житомирської області).

У роботі вирішено такі завдання

1. Аналіз існуючого становища систем теплопостачання населених пунктів України.
2. Аналіз чинного нормативно-правового забезпечення щодо термомодернізації, підвищення енергоефективності та екологічності існуючих систем енергопостачання населених пунктів України.
3. Шляхи вдосконалення систем теплопостачання
4. Шляхи використання ВДЕ в Україні
5. Аналіз напрямків розвитку відновлюваних джерел енергії у світі та Україні
6. Вибір і обґрунтування використання альтернативних джерел енергії (АДЕ) для потреб теплопостачання.
7. Розробка біосферосумісних заходів щодо модернізації району тепломереж і водогрійної котельні №9 у м.Малин.
8. Розробка заходів з автоматизації пропонованої гібридної системи теплопостачання.
9. Теплотехнічні, екологоекономічні розрахунки пропонованих рішень щодо модернізації системи теплопостачання м.Малин.

Об'єкт досліджень: Процеси генерації, трансформації, транспортування, розподілу та використання теплової енергії.

Предмет досліджень: системи енергопостачання населених пунктів України; джерела енергії традиційні та альтернативні; палива традиційні та альтернативні.

Етапи розвитку систем теплопостачання

Характеристики	1 покоління	2 покоління	3 покоління	4 покоління
Умови переходу	Перехід від відокремленого 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. Транспортуючи розподільчі мережі потрібні	Теплова потреба виправдовує створення централізованого опалення від побутових або промислових котелень, які обслуговують декілька будинків одразу. З'являються розподільчі мережі та мережі теплопостачання	Збільшення потужності існуючих котелень, використання для теплопостачання ТЕЦ. Розвиток розподільчих теплопроводів з проміжними насосними станціями та використання централізованих теплових пунктів	Розвиток теплопостачання за рахунок ВДЕ; орієнтація на енергоефективність
Приблизні роки покоління	1880-1930	1930-1980	1980-2020	2020-2050
Види енергоресурсів	Вугілля	+ природний газ	+ Надлишкова тепла 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 канальної та безканальної прокладки	Попередньо ізольовані труби канальної та безканальної прокладки
Особливості покоління	Низький рівень енергоефективності та надійності теплопостачання	Підвищення рівня енергоефективності	Підвищення рівня надійності системи	Високий рівень енергоефективності, надійності та гнучкості системи.

Основні проблеми систем централізованого теплопостачання

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.
5. Соціальна спрямованість економічної політики в Україні сприяє збільшенню частки неплатежів за надані послуги. Відповідно, криза неплатежів породжує недофінансування і неможливість реконструкції існуючих мереж і джерел теплоти.
6. Порівняно низькі тарифи на житло-комунальні послуги не стимулюють заходи з підвищення енергоефективності та екологічності систем теплопостачання.

Законодавче та інформативно-правове забезпечення

1. Закони України:

- Про природний газ
- Про теплопостачання
- Про внесення змін до Закону України «Про теплопостачання» щодо стимулювання виробництва теплової енергії з альтернативних джерел енергії
- Про енергоефективність
- Про альтернативні джерела енергії
- Про особливості регулювання відносин на ринку природного газу та у сфері теплопостачання протягом дії воєнного стану та подальшого відновлення

2. Енергетична стратегія України до 2035р.

3. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року.

4. Державні будівельні норми: ДБН

- ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування
- ДБН В.2.5-20:2018 Газопостачання
- ДБН В.2.5-77:2014 Котельні

5. Державні стандарти України: ДСТУ Б В.2.5-44:2010 «Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами»

6. Методики

- ГКД 34.02.305-2002 Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення
- VDI 4640. Частина 2. Використання підземного тепла. – Ґрунтові джерела системи теплових насосів.

7. Податковий кодекс України

Етапи реалізації державної політики у сфері теплопостачання

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	
впровадження механізму стимулюючого утворення тарифів		
сприяння переходу підприємств на тарифи за двома ставками		

Пріоритетність заходів щодо підвищення енергоефективності систем теплопостачання

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 теплогенерації з технічними вимогами щодо їх експлуатації (Категорія 1)	100	0	0	0
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 теплоізольовані (Категорія 3)	0	17	33	50
Утеплення огорожувальних конструкцій будівель (Категорія 2)	70	10	10	10
Реконструкція центральних теплових пунктів: впровадження ІТП; встановлення насосів* (Категорія 2)	89	0	11	0
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

Характеристика системи теплопостачання і водогрійної котельні №9 м.Малин Житомирський області



Структура теплових навантажень:

1. Опалення і гаряче водопостачання житлових і громадських будівель
2. Вентиляція громадських будівель

Сумарні МАКС навантаження:

1. Опалення 1,495 МВт
2. Вентиляція 0,18 МВт
3. Гаряче водопостачання 0,321 МВт
4. Всього: 1,996 МВт

Котли водогрійні

1. КСВа-1.25 «ВК-32» 2шт.
2. Встановлена сумарна потужність 2,5 МВт

Ріс. 1 Вкопювання з генплану м.Малин

Витрати теплоти і палива котельнею №9 протягом опалювального періоду

Температура зовні °С	Необхідна потужність кВт на годину	На кількість годин	Котли		Теплові насоси
			Вироблена 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

Температура зовні °С	Необхідна потужність кВт на годину	На кількість годин	Котли		Теплові насоси
			Вироблена потужність, кВт	Витрата газу за кількість годин, тон	Вироблена потужність, кВт
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	644	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








Основні завдання щодо термомодернізації

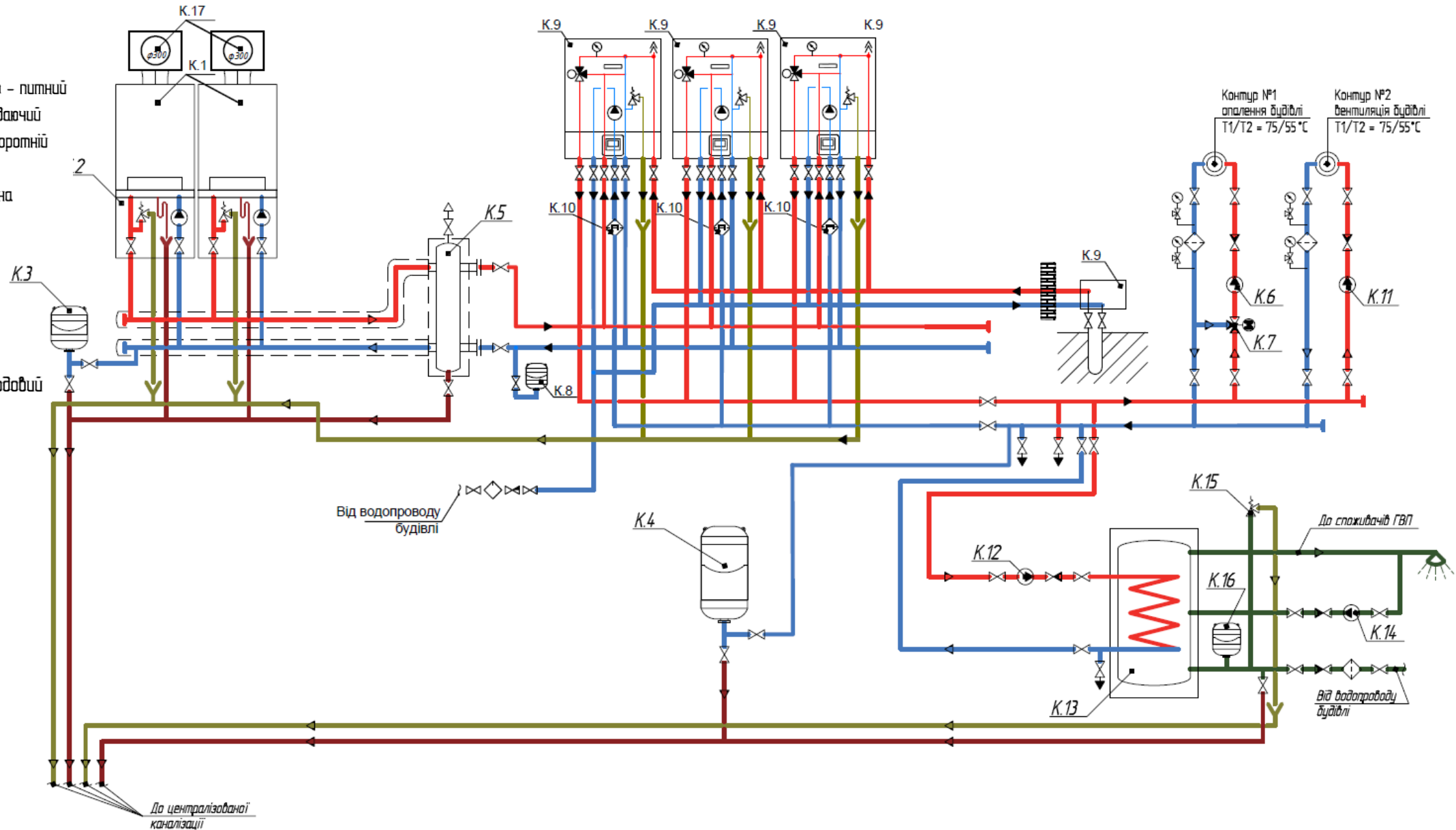
- Забезпечити потребу в гарячому водопостачанні тільки тепловими насосами без використання котлів. Це пов'язано з тим, що гаряче водозабезпечення в місті Малин наразі відсутнє.
- Додатково забезпечити тепловою енергією системи опалення за рахунок теплових насосів у зимовий період.
- Враховуючі це виконуємо підбір теплових насосів виробника Viessmann згідно технічної документації [17]. За результатами підбору використовуємо модель Vitocal 300-G Pro Тип 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 Viessmann Reflex AF 1500 у кількості 4 штук. Тобто ми можемо акумулювати гарячу воду об'ємом 6 м³.

Обладнання яке використовується в котельні зазначено в таблиці				
Котли / пальники	Бак водонагрівач	ХВО	мережні насоси	Теплові насоси
КСВа-1.25 «ВК-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 «ВК-32» з ПГС-БМ-1.4 2шт.	Бак Viessmann Reflex AF 1500 4шт	DFU-1665	NL 80/400-22-4-12	Тепловий насос Viessmann Vitocal 300-G Pro типу BW 302.CS230 3шт

Теплова схема

- В1 - водопровід господарчо - питний
- Т1 - тр-д гарячої води подаючий
- Т2 - тр-д гарячої води зворотній
- КЗ.1 - каналізація напірна
- КЗ.2 - каналізація безнапірна

-  Клапан регулюючий трьохходовий
-  Запірна арматура
-  Запобіжний клапан
-  Зворотній клапан
-  Витратомір
-  Фільтр
-  Споживач тепла



Переваги теплового насосу типу «грунт-вода»

1. Висока ефективність: Теплові насоси грунт-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 ґрунту 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 грунт-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 грунт-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 грунт-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 грунт-вода.

Розрахункові витрати паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР)

Витрата палива		Витрата електроенергії	
в рік		Тис. кВт. в рік	
Існуюче становище	Після переоснащення	Існуюче становище	Після переоснащення
820 тон/ 1 138,89 тис.м ³	270 тон / 375 тис.м ³	186	549

Розрахунок викидів забруднювальних речовин і парникових газів

Витрати	Існуюче становище	Після модернізації
Природний газ, тон	820	270
Природний газ, 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

Економічні розрахунки

Вартість обладнання для переоснащення

№	Назва	Кіл-ть	Ціна з ПДВ, грн	Сума з ПДВ, грн
1	Бак Viessmann Reflex AF 1500	4	221 580,00	886 320,00
2	Тепловий насос Viessmann Vitocal 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	2000	2 300,00	4 600 000,00
5	Роботи по монтажу, налаштування та запуску			10 091 268,00
	Всього:			43 099 228,00

Податкові зобов'язання за викиди в атмосферне повітря забруднювальних речовин і парникових газів

Найменування забруднюючої речовини	Ставка податку, гривень за 1 тону
Оксид азоту NO _x	2574,43
Азот діоксиду N ₂ O	2574,43
Оксид вуглецю CO	96,99
Метан CH ₄	138,57
Діоксиду вуглецю CO ₂	30,00

Еколого-економічне обґрунтування модернізації котельні №9

Витрати	Поточне становище	Після модернізації	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 NO _x	2,413	0,794	2574,43	6 211,14	2 045,13
Валовий викидів азоту оксиду N ₂ O	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 CH ₄	0,038	0,012	138,57	5,20	1,71
Валовий викид діоксиду вуглецю CO ₂	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			1718,532	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**. Термін окупності витрат на модернізацію $43,1 \text{ млн} / 25,5 \text{ млн} = \mathbf{1,7 \text{ роки}}$

Заходи з автоматизації

Для обігріву багатоквартирних будинків дуже активно використовується центральна система теплопостачання. Центральне теплопостачання 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.

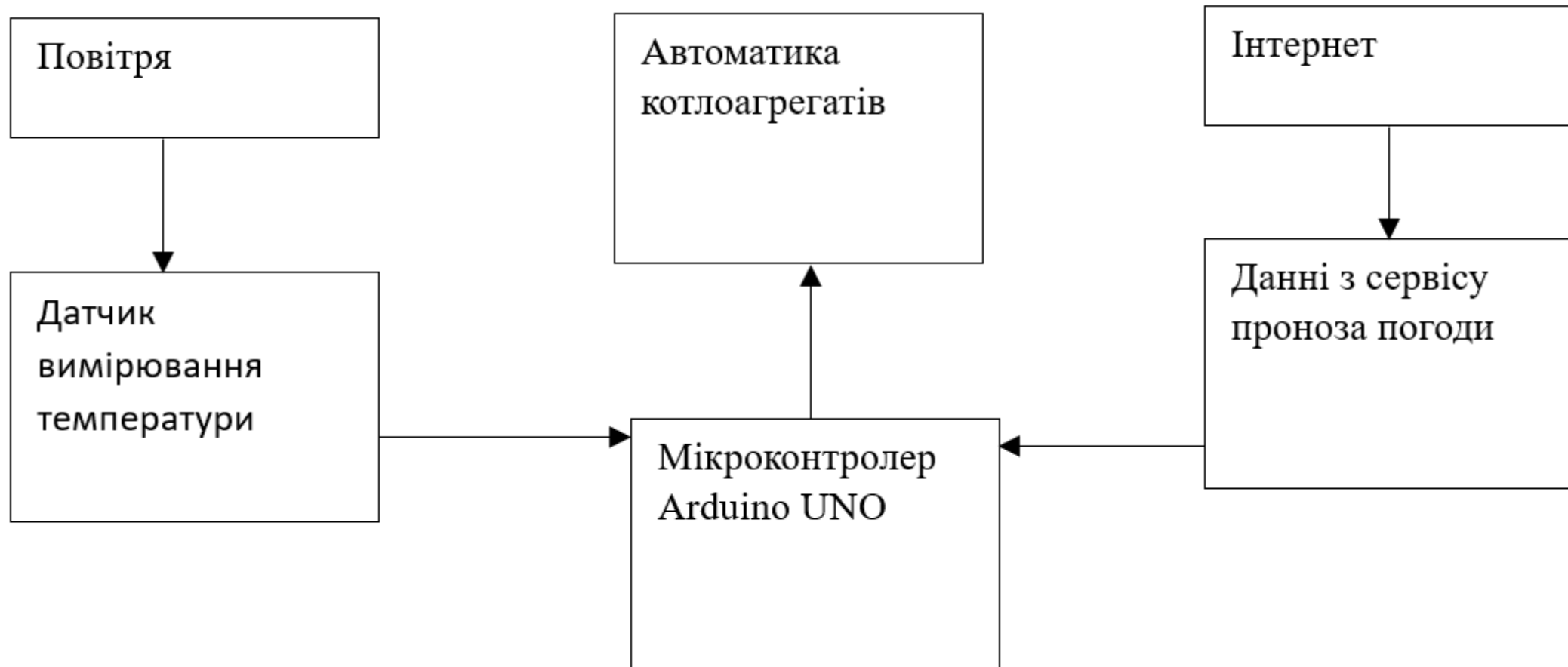
Мета. Мета проекту з автоматизації – знизити втрати тепла в магістральних трубопроводах завдяки створенню та дослідженню електронної системи автоматичної зміни температури теплоносія в тепломагістралі в залежності від прогнозу температури повітря, наявності вітру, хмар чи опадів (дані надходять з сервісів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

Сервіси прогнозу погоди, 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>)

Датчик температури

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).

Структурна схема системи автоматичного регулювання температури теплоносія :

Матриця відповідності правил до функцій належності параметрів:

Температура зовнішнього повітря, °С	Кількість котлів	Температура подачі, °С	Кількість теплових насосів	Температура подачі, °С
-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

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !