

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ**

**Кваліфікаційна робота  
другий магістерський**  
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз енергоспоживання центральної міської лікарні у  
м. Селідово

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1449з  
спеціальності 144 теплоенергетика  
(код і назва спеціальності)  
освітньої програми теплоенергетика  
(код і назви освітньої програми)  
спеціалізації  

---

(код і назва спеціалізації)

Малінін Роман Сергійович  
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, д.т.н.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент професор, д.т.н. Чейлитко А.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя  
2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики  
Рівень вищої освіти другий магістерський  
Спеціальність 144 Теплоенергетика  
(код та назва)  
Освітня програма Теплоенергетика  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
«07» грудня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Малінін Роман Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз енергоспоживання центральної міської лікарні у м. Селідово  
керівник роботи Чейлитко Андрій Олександрович, д.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «25» травня 2020 року № 601-с


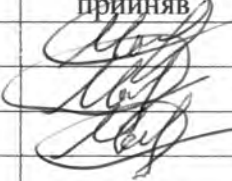
2 Строк подання студентом роботи 15 грудня 2020 р.

3 Вихідні дані до роботи м.Селідове, Периметр будівлі складає 208 метрів.  
Кількість поверхів – 3. Висота будівлі складає 9,7 метр. Площа забудови –  
1025 м<sup>2</sup>.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Кліматичні умови розташування лікарні. Загальні відомості про існуючу систему тепlopостачання. Енергетичний баланс центральної міської лікарні у м. Селідово. Визначення енергетичної ефективності будівлі.  
Скорочення викиду еквівалентів CO<sub>2</sub>

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Розрахунок теплової схеми котельні, світлопрозорі конструкції будівлі

6 Консультанти розділів роботи

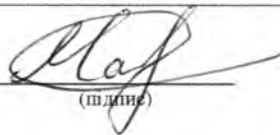
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Чейлитко А.О.		
2	Чейлитко А.О.		
3	Чейлитко А.О.		

7 Дата видачі завдання 05 травня 2020 р

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз джерела теплопостачання центральної міської лікарні у м. Селідово	05.05.2020	
2	Аналіз енергоспоживання центральної міської лікарні у м. Селідово	15.08.2020	
3	Техніко-економічне обґрунтування	01.11.2020	
4	Оформлення пояснювальної записки	01.12.2020	
5	Підготовка презентації	10.12.2020	

Студент

  
(підпис)

Р.С. Малінін  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

  
(підпис)

А.О. Чейлитко  
(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер

  
(підпис)

Ю.М. Каюков  
(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Малінін Р.С. Аналіз енергоспоживання центральної міської лікарні у м. Селідово

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник д.т.н., завідувач кафедри, професор А.О.Чейлитко. Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету. Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

Проект передбачає реконструкцію котельні на потреби центральної міської лікарні, а також: коротку характеристику існуючого положення; компонування котельні; розрахунок теплового навантаження та розрахунок річної витрати палива і теплоти; вибір водопідготовки та водно-хімічного режиму; розрахунок теплової схеми котельні.

Ключові слова: котельня, паровий котел, пара, теплопостачання, паливо, насос мережний та насос підживлюючий.

## ABSTRACT

Malinin R.S. Analysis of energy consumption of the central city hospital in Selidovo

Qualification final work for obtaining a bachelor's degree in specialty 144 - Heat Power Engineering, supervisor, Doctor of Technical Sciences, head of the department, professor A.O. Cheylytko. Engineering educational and scientific Institute of Zaporizhia National University. Department Thermal Power Engineering and Hydroenergy, 2020.

The project envisages the reconstruction of the boiler house for the needs of the central city hospital, as well as: a brief description of the existing situation; boiler room layout; calculation of heat load and calculation of annual fuel and heat

consumption; choice of water treatment and water-chemical regime; calculation of the thermal scheme of the boiler room.

Key words: boiler house, steam boiler, steam, heat supply, fuel, mains pump and feed pump.

## АННОТАЦИЯ

Малинин Р.С. Анализ энергопотребления центральной городской больницы в г. Селидово

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 144 - Теплоэнергетика, научный руководитель д.т.н., заведующий кафедрой, профессор А.О.Чейлитко. Инженерный учебно-научный институт Запорожского национального университета. Кафедра теплоэнергетики и гидроэнергетики, 2020.

Проект предусматривает реконструкцию котельной на нужды центральной городской больницы, а также: краткую характеристику существующего положения; компоновки котельной; расчет тепловой нагрузки и расчет годового расхода топлива и теплоты; выбор водоподготовки и водно-химического режима; расчет тепловой схемы котельной.

Ключевые слова: котельная, паровой котел, пар, теплоснабжение, топливо, насос сетевой и насос подпиточный.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ЛІКАРНІ У М. СЕЛІДОВО .....	9
1.1 Кліматичні умови розташування лікарні .....	13
1.2 Загальні відомості про існуючу систему теплопостачання .....	19
1.3 Розрахунок теплової схеми існуючої котельні .....	24
1.4 Енергетичний баланс центральної міської лікарні у м. Селідово.....	40
2 АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ЛІКАРНІ У М. СЕЛІДОВО .....	44
2.1 Загальна інформація про об'єкт .....	46
2.2 Визначення енергетичної ефективності будівлі .....	49
2.3 Скорочення викиду еквівалентів CO <sub>2</sub> .....	63
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	68
ВИСНОВОК .....	75
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	77

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Теплопостачання є великою галуззю народного господарства. Досить сказати, що на потреби теплопостачання щорічно витрачається 25 % усього виробленого палива. В умовах обмежених паливних ресурсів раціональне і економне їх витрачання є завданням державної важливості. Значна роль у вирішенні цього завдання відводиться централізованому теплопостачанню та теплофікації, які тісно пов'язані з теплоенергетикою.

Централізоване теплопостачання засноване на використанні великих районних котелень, які характеризуються значно більшими ККД, ніж дрібні опалювальні установки. При централізованому теплопостачанні дрібні опалювальні установки, які є джерелами забруднення повітряного басейну, ліквідовуються, замість них використовуються великі джерела тепла, газові викиди яких містять мінімальні концентрації токсичних речовин.

*Зв'язок роботи з науковими програмами, планами.* Дипломна робота виконана відповідно до визначених законодавством України пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки, зокрема програмою «Нові технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та аграрному комплексі» затвердженою Законом України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» №2623-III від 11 липня 2001 року.

*Мета і задачі дослідження*

*Метою роботи* є аналіз енергоспоживання центральної міської лікарні у м. Селідово та підвищення ефективності використання палива котельній даній лікарні.

*Об'єктом дослідження* є центральна міська лікарня у м. Селідово

*Предмет дослідження* вплив режиму роботи водогрійного котла на параметри температури теплоносія.

Відповідно до поставленої мети у роботі сформульовані наступні завдання:

- визначити призначення джерел теплопостачання;
- ознайомитися з основними видами енергії, що використовують для теплопостачання;
- ознайомитися із технічними характеристиками реконструкції джерел теплопостачання в Україні;
- визначення кліматичних умов в м. Селидове;
- розрахувати теплову схему котельні.

*Методи дослідження:* розрахунково-графічний з використанням стандартних методик та сучасних стандартів України.

*Практичне значення одержаних результатів* роботи полягає в розрахованих значень енергопотреби та енергоспоживання центральної міської лікарні у м. Селидово та визначенні її класу енергоефективності. Також запропоновані заходи з підвищення класу енергоефективності лікарні.

*Особистий внесок здобувача.* Теоретичні дослідження виконанні безпосередньо автором спільно із керівником магістерської роботи. Автору належить постановка завдання, обґрунтування основних припущень та аналіз отриманих результатів і формулювання висновків за результатами проведених досліджень.

*Апробація роботи.* Положення роботи викладені на П'ятій Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної енергетики – 2020» та XXV науково-технічній конференції аспірантів, магістрів, студентів та викладачів Інженерного навчально-наукового інституту Запорізького Національного Університету.

Пояснювальна записка містить: 80 сторінки, 27 таблиць, 5 рисунків, джерел посилань.



## 1. АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ЛІКАРНІ У М. СЕЛІДОВО

Перехід на альтернативне опалення відбувається не тільки на рівні окремих організацій. Цей шлях обирають цілі міста. Так наприклад, у 2016 році три населених пункти області – Марганець, Нікополь та Покров (раніше – Орджонікідзе) відмовилися від центрального опалення, яке було вкрай витратним і щорічно формувало величезні діри в бюджетах, і вибрали автономне опалення.

Глобальний процес вдалося пройти, не дивлячись на побоювання. Тим більше що вже з початку 2000-х кмітливі мешканці багатопверхівок почали встановлювати індивідуальні котли (газові або електричні), відмовляючись від дорогого центрального опалення. Міська влада не перешкоджала, видаючи дозволи на установку.

Близько мільярда гривень заощадять Нікополь, Марганець та Покров в найближчі п'ять років завдяки переходу на локальне опалення.

Щоб перевести на індивідуальне опалення городян, яким було складно заплатити за установку котлів, влада надавала людям матеріальну допомогу: сумарно на ці цілі було виділено близько 75 мільйонів гривень.

Тепер за комфортні умови для пацієнтів і лікарів лікарня заплатить менше. Зі свого боку медустанова теж підготувалася до опалювального сезону. Тут утепили старі і частково встановили нові вікна, двері, привели в порядок і теплоізовані горища, підвали. Економічний ефект від нововведення буде видно навесні, відзначають в лікувальному закладі. Однак вже зараз ясно, що це допоможе зберегти чимало коштів.

Теплопостачання є великою галуззю народного господарства. На потреби теплопостачання щорічно витрачається 25 % усього виробленого палива. В умовах обмежених паливних ресурсів раціональне і економне їх витрачання є завданням державної важливості. Значна роль у вирішенні цього завдання відводиться централізованому теплопостачанню та теплофікації, які тісно пов'язані з електрифікацією і енергетикою.

Централізоване теплопостачання засноване на використанні великих районних котельень, які характеризуються значно більшими ККД, ніж дрібні опалювальні установки. Теплофікація, тобто централізоване теплопостачання на базі комбінованого вироблення тепла та електроенергії, є вищою формою централізованого теплопостачання. Вона дозволяє скоротити витрату палива до 25 %. При централізованому теплопостачанні дрібні опалювальні установки, які є джерелами забруднення повітряного басейну, ліквідовуються, замість них використовуються великі джерела тепла, газові викиди яких містять мінімальні концентрації токсичних речовин. Таким чином, централізація теплопостачання сприяє охороні навколишнього середовища [1].

Централізована система теплопостачання складається з наступних основних елементів: джерела тепла, теплових мереж і місцевих систем споживання - систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Для централізованого теплопостачання використовуються два типи джерел тепла: теплоелектроцентралі (ТЕЦ) і районні котельні (РК). На ТЕЦ здійснюється комбіноване виробництво тепла та електроенергії, що забезпечує істотне зниження питомих витрат палива при отриманні електроенергії. При цьому спочатку тепло робочого тіла - водяної пари - використовується для отримання електроенергії при розширенні пари в турбінах, а потім тепло відпрацьованої пари, що залишилося, використовується для нагріву води в теплообмінниках, складових обладнання теплофікації ТЕЦ. Гаряча вода застосовується для теплопостачання. Таким чином, на ТЕЦ тепло високого потенціалу використовується для вироблення електроенергії, а тепло низького потенціалу - для теплопостачання. При роздільному їх виробленні електроенергію одержують на конденсаційних станціях (КЕС), а тепло - на котельнях. У конденсаторах парових турбін на КЕС підтримується глибокий вакуум, якому відповідають низькі температури (15...20) °С, і охолоджуючу воду не використовують. У результаті на теплопостачання витрачають додаткове паливо. Отже, роздільне вироблення економічно менш вигідне, ніж комбіноване. Переваги теплофікації і централізованого теплопостачання яскравіше проявляються при концентрації теплових навантажень, характерних для сучасних

міст, які розвиваються. Слід враховувати, що при теплофікації капітальні вкладення в ТЕЦ і теплові мережі виявляються вищими, ніж в КЕС і централізовані системи тепlopостачання від РК, так ТЕЦ економічно доцільно будувати лише при великих теплових навантаженнях. Для європейської частини при існуючих ціностях теплофікація економічно доцільна при теплових навантаженнях більше 400 Гкал/ч [2].

Іншим джерелом тепlopостачання є РК. Теплова потужність сучасних РК становить (150...200) Гкал/ч. Така концентрація теплових навантажень дозволяє використовувати великі агрегати, сучасне технічне оснащення котелень, забезпечує високі ККД використання палива. В якості теплоносія для тепlopостачання міст використовують гарячу воду, а для тепlopостачання промислових підприємств - водяний пар. Теплоносій від джерел тепла транспортують по теплопроводах. Гаряча вода надходить до споживачів по подаючим теплопроводам, віддає в теплообмінниках своє тепло і після охолодження повертається по зворотних теплопроводах до джерел тепла. Таким чином, теплоносій безперервно циркулює між джерелом тепла і споживачами. Циркуляцію теплоносія забезпечує насосна станція джерела тепла. Водяна пара надходить промисловим споживачам за паропровадами під власним тиском, конденсується в теплообмінниках і віддає своє тепло. Конденсат повертається до джерела тепла під дією надлишкового тиску або за допомогою конденсатних насосів [1].

Сучасними тепловими мережами міських систем тепlopостачання є складні інженерні споруди. Протяжність теплових мереж від джерела до крайніх споживачів складає десятки кілометрів, а діаметр магістралей досягає 1400 мм. До складу теплових мереж входять: теплопроводи; компенсатори, що сприймають температурні подовження; відключаюче, регулююче і запобіжне обладнання, яке встановлюється в спеціальних камерах; насосні станції; районні теплові пункти (РТП) і теплові пункти (ТП). Теплопроводи прокладають під землею в непрохідних і полупрохідних каналах, в колекторах і без каналів [3]. Для скорочення втрат тепла при русі теплоносія по теплопроводах застосовують їх

теплоізоляцію. Для керування гідравлічним і тепловим режимами системи теплопостачання автоматизують, а кількість тепла, що подається регулюється відповідно до вимог споживачів.

Найбільша кількість тепла витрачається на опалення будівель. Опалювальне навантаження змінюється зі зміною зовнішньої температури. Для підтримки відповідності подачі тепла потребам у ньому застосовують центральне регулювання на джерелах тепла. Домогтися високої якості теплопостачання, застосовуючи тільки центральне регулювання, не вдається, тому на теплових пунктах і у споживачів застосовують додаткове автоматичне регулювання. Витрата води на гаряче водопостачання безперервно змінюється, і для підтримки стійкого теплопостачання гідравлічний режим теплових мереж автоматично регулюють, а температуру гарячої води підтримують постійною і рівною 65 °С [4].

Сучасні централізовані системи теплопостачання є складним комплексом, що включає джерела тепла, теплові мережі з насосними станціями і тепловими пунктами і абонентські вводи, оснащені системами автоматичного управління. Для забезпечення надійного функціонування таких систем необхідно їх ієрархічна побудова, при якій всю систему розчленовують на ряд рівнів, кожен з яких має своє завдання, яке зменшується за значенням від верхнього рівня до нижнього.

Верхній ієрархічний рівень складають джерела тепла, наступний рівень - магістральні теплові мережі з РТП, нижній - розподільні мережі з абонентськими вводами споживачів. Джерела тепла подають в теплові мережі гарячу воду заданої температури і заданого тиску, забезпечують циркуляцію води в системі і підтримують у ній належні гідродинамічний і статичний тиск. Вони мають спеціальні водопідготовчі установки, де здійснюється хімічна очистка і деаерація води. По магістральних теплових мережах транспортуються основні потоки теплоносія у вузли теплоспоживання. У РТП теплоносії розподіляється по районах і в мережах районів підтримується автономний гідравлічний і тепловий режими. У магістральні теплові мережі окремих споживачів приєднувати не варто, щоб не порушувати ієрархічності побудови системи.

Для надійності теплопостачання необхідно резервувати основні елементи верхньої ієрархічного рівня. Джерела тепла повинні мати резервні агрегати, а магістральні теплові мережі повинні бути за кільцьовані із забезпеченням необхідної для них пропускної здатності в аварійних ситуаціях. Розподільні теплові мережі, теплові пункти і абонентські вводи забезпечують розподіл теплоносія по окремим споживачам і становлять нижчий ієрархічний рівень, який у більшості випадків не резервують. Ієрархічна побудова систем теплопостачання забезпечує їх керованість у процесі експлуатації.

Джерелом тепла називається комплекс обладнання та пристроїв, за допомогою яких здійснюється перетворення природних і штучних видів енергії в теплову енергію з потрібними для споживачів параметрами [1].

Для цілей теплопостачання практичне значення на найближчу перспективу має органічне та ядерне паливо, геотермальна і сонячна енергія. До штучних видів енергії, які використовуються для вироблення тепла на теплопостачання, відносяться «вторинні енергоресурси» промислових підприємств і електрична енергія. В даний час широко застосовуються джерела тепла, які використовують органічне паливо - тверде, рідке і газоподібне. Основними джерелами тепла є теплоелектроцентралі (ТЕЦ), що виробляють комбінованим способом електричну енергію і тепло, і котельні, що виробляють тепло [5].

Залежно від виду робочого тіла, використовуваного в циклі станції, ТЕЦ бувають паротурбінні, газотурбінні і парогазові. Переважне поширення в даний час мають паротурбінні ТЕЦ, які володіють високими техніко-економічними показниками.

### 1.1 Кліматичні умови розташування лікарні

Місто Селидове знаходиться в Донецькій області, Україна. Розташовується на Центральному степу, тому клімат тут континентальний з посушливо-суховійними явищами. Так як місто знаходиться на річці, то потрібно враховувати невелике підвищення вологості повітря в розрахунках.

Кліматична зима приходить в місто приблизно в середині грудня, коли середня температура повітря стає стійко нижче нуля. Стійкий сніжний покрив може лягти і помітно пізніше. Зима зазвичай м'яка, з періодичними відлигами і похолоданнями.

Вона триває приблизно (80...90) днів (з середини грудня до кінця лютого). У суворі зими, втім, зима може тривати і помітно довше, а в теплі — набагато менше. В останні роки, на зимові місяці припадає 60 днів з відлигами від 0 °С до +12 °С. У 2007 році було 74 дні з плюсовою температурою. Найхолодніший місяць зими — січень, з середньою температурою -4.9 °С, найтепліший січень був у 2007 у +1.5 °С. Сюрприз піднесла зима в Донецьку в 2009 році, так в період з 18 по 21 грудня випала рекордна кількість снігу (приблизно 1 метр, місцями 1,5 метра), місто було паралізоване практично цілий тиждень.

Весна в місті настає, як правило, до кінця лютого — початку березня. Сніговий покрив може, тим не менше, зійти ще задовго до цього терміну. У середині березня з'являються перші квіти, до кінця березня — початку квітня зникають нічні заморозки, а до середини квітня починається активний ріст листя на деревах. До середини травня починається справжня літня спека з денною температурою вище +30 °С. Найтепліший квітень було в 1950 році з середньою температурою +14.0 °С. Найтепліший травень був в 1951 році +20.1 °С.

Кліматичне літо починається у місті незабаром після приходу травня. Зазвичай літо в місті характерне дуже спекотною, сухою погодою, опади випадають зазвичай у вигляді інтенсивних і потужних гроз. Максимальна температура в місті становила близько +39 °С (1954), а спека вище 30 °С можлива з квітня по жовтень. Літо триває приблизно до кінця вересня — початку жовтня (близько 140 днів). Однак у спекотні роки літо може тривати практично півроку з середини квітня до початку жовтня. Найспекотніший липень був у 2001 (+25.2 °С), а найхолодніший у 1954 (+17.9 °С).

Вересень є ще літнім місяцем. Листопад і грудень характерні малою кількістю сонячного сяйва, і є найтемнішими місяцями року. Пов'язано це не лише з низьким положенням Сонця над горизонтом, але також із традиційно

похмурою погодою (майже без винятків). Пов'язано це з високою інтенсивністю західних вітрів, що несуть вологу з Атлантичного океану. Перші заморозки трапляються в кінці жовтня, перший сніг може випасти на початку листопада, хоча рідко лежить більше одного — двох днів. Листя з дерев повністю опадає до середини — кінця листопада. Абсолютний максимум жовтня був зафіксований 3 жовтня 1999  $+32.7$  °С. Середньомісячна температура зовнішнього повітря в Донецькому регіоні наведена на рисунку 1.1.

Загалом клімат м. Селидове Донецького регіону є сприятливий. Для клімату характерні низькі температури з холодним повітрям взимку та високі температури влітку з сухими та гарячими вітрами. Опадів близько 500 мм на рік. Навесні бувають суховії (частіше - в травні), влітку - посухи, іноді - пилові бурі, град, взимку - завірюхи.

Таблиця 1.1 – Середньомісячна температура зовнішнього повітря в Донецькому регіоні

Область, місто	Середньомісячна температура зовнішнього повітря, °С												Середня за рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Донецький регіон	- 5,2	- 4,4	0,7	9,4	15,4	19	21,2	19,8	14,9	8	1,8	-2,9	8,1

Перші холоди трапляються в жовтні, у листопаді заморозки та сніг. Взимку панує Азійський антициклон. Клімат нестабільний, оскільки рівнинна місцевість дозволяє вільно рухатись атлантичним, арктичним та континентальним повітряним масам, морози часто змінюються потеплінням. Середня температура повітря взимку: мінус (10...15) °С.

Важливим показником, що характеризує умови збільшення рослинності, є коефіцієнт зволоження. Він визначається як відношення кількості опадів за рік до випаровуваності - кількості вологи, яка може випаруватися. Чим більше територія одержує опадів, тим більше випаровувань. Якщо коефіцієнт зволоження більше 1,

то територія вважається надмірно зволоженою. В Україні надмірне зволоження характерне для Карпат, західної і північної частин.

Теплове навантаження споживачів у більшості випадків є змінним. Наприклад: опалювальне і вентиляційне навантаження змінюються в основному в залежності від поточного значення температури зовнішнього повітря; зміни в навантаженні гарячого водопостачання відбуваються в залежності від часу, доби і днів тижня і пов'язані про укладом життя людей; технологічне навантаження пов'язане з виробничим ритмом роботи підприємства. Погодинна температура зовнішнього повітря репрезентативного дня місяця наведена у таблиці 1.2. Сонячна радіація у місті наведена у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Погодинна температура зовнішнього повітря репрезентативного дня місяця, °С

Донецький регіон												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,9	-5,3	-0,4	7,4	12,8	15,9	18,4	17,3	13	6,9	1,1	-3,5
2	-6,4	-5,8	-1,1	6,5	11,9	15	17,4	16,3	12,1	6,2	0,6	-3,9
3	-6,9	-6,3	-1,6	5,8	11,1	14,2	16,7	15,4	11,3	5,5	0,2	-4,3
4	-7,4	-6,7	-2,1	5,2	10,6	13,7	16,1	14,8	10,6	4,8	-0,2	-4,7
5	-7,8	-7	-2,4	4,7	10,3	13,5	15,7	14,3	10	4,3	-0,6	-5
6	-8	-7,3	-2,7	4,5	10,2	13,5	15,6	14,1	10,2	4	-0,8	-5,2
7	-8,2	-7,4	-2,7	4,5	10,5	14,1	15,9	14,1	9,6	3,7	-1	-5,4
8	-8,3	-7,5	-2,7	5	11,4	15,2	16,9	14,9	9,8	3,6	-1	-5,5
9	-8,3	-7,2	-2,1	6,2	12,8	16,8	18,4	16,3	10,8	3,9	-0,9	-5,4
10	-7,6	-6,3	-1,0	7,8	14,5	18,5	20,2	18,2	12,5	5	-0,2	-4,8
11	-6,3	-5,1	0,3	9,6	16,3	20,4	22,2	20,3	14,6	6,7	1	-3,8
15	-2,1	-1,3	4,2	14,3	20,6	24,5	26,8	25,5	20,2	12,4	4,6	-0,3
16	-2,1	-1,4	4,1	14,3	20,5	24,4	26,7	25,4	20,2	12,3	4,6	-0,3
17	-2,2	-1,5	4,0	14	20,2	24	26,3	25,1	19,9	12,1	4,5	-0,5
18	-2,5	-1,8	3,6	13,5	19,7	23,4	25,7	24,5	19,4	11,8	4,2	-0,7
19	-2,8	-2,1	3,2	12,9	18,9	22,6	25	23,8	18,7	11,3	3,9	-0,9
20	-3,2	-2,5	2,7	12,1	18	21,6	24	22,8	17,9	10,7	3,6	-1,3
21	-3,7	-3	2,2	11,2	17	20,5	22,9	21,8	17	10	3,1	-1,7
22	-4,2	-3,5	1,5	10,3	16	19,3	21,8	20,7	16,1	9,3	2,6	-2,1
23	-4,8	-4,1	0,9	9,3	14,9	18,1	20,6	19,5	15	8,5	2,1	-2,5
24	-5,3	-4,7	0,2	8,3	13,8	17	19,5	18,4	14	7,7	1,6	-3



Таблиця 1.3 – Сонячна радіація у місті

Місто	Місяць	Сонячна радіація, Вт/м <sup>2</sup>								
		поверхня								
		вертикальна								горизон- тальна
		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
Донецький регіон	I	12	13	19	32	42	34	20	13	30
	II	22	24	36	57	71	61	38	24	62
	III	31	38	57	79	91	82	61	39	107
	IV	39	55	79	95	95	92	76	56	157
	V	55	81	108	113	101	109	102	79	221
	VI	64	90	113	108	93	108	106	87	238
	VII	61	86	115	114	99	111	111	85	234
	VIII	44	69	103	118	110	118	97	68	205
	IX	28	45	81	108	120	109	76	45	152
	X	18	22	48	84	102	83	43	21	88
	XI	10	11	19	37	49	38	19	11	35
	XII	10	10	15	29	37	30	16	10	25

Теплові навантаження споживачів для розрахунку продуктивності котельні та вибору її обладнання повинні визначатися, як мінімум, для трьох характерних режимів теплоспоживання: максимально-зимовий, найбільш холодного місяця, річний. Ці режими характеризуються середньою температурою зовнішнього повітря в данному районі в найбільш холодну п'ятиденку, в найбільш холодний і жаркий місяць. Зазначені температури приймаються за довідковими кліматологічних даними району тепlopостачання. Режим роботи станційної теплофікаційної установки повинен забезпечувати покриття теплових навантажень споживачів і виконання заданих графіків електричних і теплових навантажень електростанції при мінімальних витратах палива та електричної енергії на власні потреби.

Дані по витраті теплової енергії споживачами (по тепловим навантаженням споживачів) і на власні потреби котельної. Тут слід навести відомості по витраті теплової енергії споживачами на опалення, вентиляцію, гаряче водopостачання, інші потреби, а також витрати теплоти на власні потреби котельної.

Оптимальна потужність систем централізованого тепlopостачання від котельень визначається схемою тепlopостачання району або промислового вузла і залежить від характеру теплових навантажень споживачів, що входять в район

теплопостачання (комунально-побутові навантаження або промисло-ио-опалювальні з певним співвідношенням пари та гарячої води), капітальних вкладень в будівництво котельної і теплових мереж та експлуатаційних витрат по системі в цілому. Критерієм, що визначає межі вибору одиничних потужностей котелень та централізованих систем теплопостачання, є наведені витрати, обумовлені, з одного боку, позитивним економічним ефектом при переході від помірних до більш потужних джерел тепла, з іншого боку, негативним економічним ефектом, пов'язаним з додатковими витратами по теплових мережах.

Сонячні установки для опалення та гарячого водопостачання будівель входять до складу комбінованих геліопаливних систем теплопостачання, при цьому за рахунок сонячної енергії забезпечується часткове покриття річного теплового навантаження споживача. Резервне джерело теплоти повинно забезпечувати повне покриття розрахункового теплового навантаження. В окремих випадках допустимо неповне резервування продуктивності геліоустановки. Будівля повинна відповідати сучасним вимогам теплозахисту і збереження енергії, а всі елементи і обладнання геліопаливні системи повинні бути спроектовані особливо ретельно. При дотриманні цих умов може бути забезпечена висока ефективність використання сонячної енергії.

Вимоги правил поширюються на енергопостачальні організації і споживачів теплової енергії при взаємних розрахунках за постачання і споживання теплової енергії незалежно від встановленої потужності джерела теплоти і приєднаної теплового навантаження споживача.

Системи охолодження за допомогою хладоносіїв бажано застосовувати в наступних випадках: при наявності великої кількості споживачів холоду, віддалених один від одного з різними тепловими навантаженнями; при різких коливаннях теплових навантажень споживача холоду; при необхідності спрощення підтримки температури в кожному об'єкті; для зниження втрат холодильного агента.

Поступовість зростання теплових навантажень є характерною властивістю систем централізованого теплопостачання та теплофікації, і тому важливий облік

цього чинника як при виборі складу і термінів введення основного обладнання джерел теплової енергії, так і при визначенні параметрів теплових мереж. Вона надає різний вплив на вирішення питань оптимізації джерел тепла і теплових мереж через різних способів збільшення їх продуктивності. Якщо теплову потужність ТЕЦ і котелень можна збільшувати у міру зростання теплових навантажень шляхом поступового введення основного обладнання, то теплові мережі, як правило, споруджуються на розрахункові навантаження, які будуть досягнуті в кінці певного періоду. При цьому будь-яка перекладка мереж або прокладка додаткових магістралей по вулицях сучасних міст в більшості випадків утруднена умовами будівництва. При обліку поступовості зростання теплових навантажень виникає завдання оцінки доцільності прокладки на окремих ділянках мережі одного трубопроводу більшого діаметру або двох трубопроводів меншого діаметру з почерговим введенням їх в міру збільшення перетоку тепла в мережі. При такому почерговому спорудженні та нарощуванні числа ниток трубопроводів на окремих магістральних ділянках теплової мережі з'являється необхідність в обґрунтованому обліку всього комплексу витрат, пов'язаних з проведенням земляних, будівельних і монтажних робіт. Однак у кожному конкретному випадку необхідна перевірка економічної доцільності таких рішень з урахуванням темпів зростання теплових навантажень споживачів і умов спорудження теплових мереж.

## 1.2 Загальні відомості про існуючу систему тепlopостачання

Об'єктом дипломного проекту є котельня центральної міської лікарні в м. Селидово.

Приміщення насосної двоповерхове з розмірами в осях 12,33 x 11,8 м. Над насосної розташовані ГРУ і водопідігрівачі на ГВС. Висота до низу покриттів - змінна. Висота до низу плит покриття в котельному залі - 7,1 м.

До котельного залу примикає двоповерхова частина з розмірами 6,25 x 11,8 м де розташовуються трансформаторна підстанція, електрощитова та побутові приміщення (санвузол, душова, гардеробна, допоміжні приміщення).

До насосної примикає одноповерхова частина з розмірами 6,25 x 11,8 м де розташовані майстерня та побутові приміщення (душова , гардеробна , допоміжні приміщення).

Зовнішні стіни товщиною 510 мм - з керамічної цегли. Покрівля рулонна односхила із зовнішнім водостоком. Освітлення котельні - природне через віконні отвори і штучне.

Категорія існуючої котельні з вибухопожежної та пожежної небезпеки, згідно ОНТП 24-86, - «Г». Клас будівлі - II. Ступінь довговічності - II. Ступінь вогнестійкості - II. Категорія приміщень - «Г».

У котельні було встановлено три водогрійних котла типу «ТВГ- 4», що працюють на природному газі, обладнаних димососами і дугтьовими вентиляторами. У насосній - насосне обладнання, обладнання магнітної обробки води та інше допоміжне обладнання .

Котельня призначалася для опалення та гарячого водопостачання адміністративно-побутових і виробничих приміщень судноремонтного заводу , а також прилеглих житлових кварталів. В даний час теплопостачання судноремонтного заводу від котельні повністю припинено.

У зв'язку зі значним зниженням тепло споживання, одинична потужність кожного з встановлених котлів перевищує необхідне навантаження на теплопостачання житлового кварталу . Відповідно і решта устаткування котельні, розрахованої на обслуговування заводу, зокрема насоси, має надлишкову потужність. У зв'язку з цим обладнання експлуатується в неефективних режимах.

Крім того, один з котлів, насоси та фільтри фізично зношені і морально застаріли, тому підлягають демонтажу.

У даний час видалення димових газів здійснюється в існуючу цегляну димову трубу діаметром 1200 мм, висотою 30 м. Цегляна димова труба знаходиться в аварійному стані (згідно акту обстеження). Передбачається демонтаж цієї труби, демонтаж здійснюватиметься спеціалізованою організацією. Трубопроводи зовнішньої теплотраси до будівель залишаються без змін.

У котельні є вузол комерційного обліку витрати газу з газовим лічильником типу Курс - 01, встановленим на високій стороні до регулятора тиску. Зниження тиску газу з середнього до низького здійснюється в існуючому ГРУ, розташованому в приміщенні над насосної. На вводі холодної води встановлений водомір.

Внутрішні системи опалення та вентиляції знаходяться в робочому стані.

У будівлі котельні є санітарно-побутові приміщення для обслуговуючого персоналу.

Електропостачання котельні виконано від окремої трансформаторної підстанції двома кабельними лініями.

Вузол обліку електроенергії котельні модернізований згідно вимог енергопостачальної організації.

У котельні є система внутрішнього пожежогасіння, у приміщеннях встановлені пожежні крани.

Згідно з завданням на проектування максимальні навантаження складають:

- на опалення - 1899249 ккал / година;
- на гаряче водопостачання - 139 300 ккал / година.

Відведення атмосферних опадів і талих вод від будівлі котельні здійснюється по покриттю в прилеглий проїзд і далі в по рельєфу. Територія упорядкована, виконані внутрімайданчикові проїзди .

Відповідно до [14] район розміщення будівлі котельні відноситься до кліматичного району II з наступними характеристиками:

- середня температура найбільш жаркого місяця (липень) + 23,5 °С;
- середня температура найбільш холодного місяця (січень) - 2,8 °С;
- нормативна глибина промерзання 0,7 м;

Згідно ДБН В.1.2-2: 2006 «Навантаження і впливи» характеристичні навантаження складають:

- снігова 1110 Па (для 3 снігового району);
- вітрова 460 Па (для 3 вітрового району)

В котельній встановлено сталевий водогрійний газовий і рідкопаливний котел КВа 2,0, що має газощільну топкову камеру і конвективну частину, що розміщується над топкою. У задньому екрані топкової камери виконаний отвір, в якому встановлений вибуховий клапан, що оберігає конструкцію котла від руйнування при виникненні надлишкового тиску в котельній камері. Водогрійний газовий і рідкопаливний котел КВа 2,0 МВт (1,7 Гкал) встановлюється на раму. Температурний графік 150/70.

Рама котла виконана з швелера і ставиться на опори. Опори котла кріпляться до рівної підготовленої поверхні анкерними болтами, за рахунок чого відпадає необхідність у виготовленні фундаменту. Блок пальника закріплюється на фронтонній плиті за допомогою болтових з'єднань.

Фронтонна плита закріплена на котлі за допомогою шарнірів і виконує функцію люка, що дозволяє здійснювати доступ в топкову камеру котла для огляду і ремонтних робіт без розбору фронтонної обшивки та ізоляції.

Кріплення та амбразура під пальник на фронтонній плиті виготовляється під обрану замовником пальник. За рахунок універсальної конструкції топкової камери, газовий і рідкопаливний водогрійний котел КВа 2,0 МВт (1,7 Гкал) може працювати з широким рядом пальникових пристроїв вітчизняного та імпортного виробництва - ГБЛ, WEISTHAUPT, Oilon, пальники фірм UNIGAS і ECOFLAM. Вихід газів в котлі КВа – 2,0 відбувається зверху. У разі необхідності можливе виготовлення опускаючого газоходу.

Сталеві котли Logano S825L працюють на газі по TRD 702 з 3 - ходовим проходженням продуктів згоряння, з розташованими по колу додатковими поверхнями нагріву, в гладкотрубному виконанні.

Для опалювальних установок по DIN 4751-2 для виробництва перегрітої води низького тиску з температурою до 110 °С (кордон спрацьовування запобіжного обмежувача температури - STB) і допустимим загальним надлишковим тиском 6 або 10 бар.

Кругова обшивка котла виконана з алюмінієвого структурованого аркуша. Видимі елементи котла покриті ґрунтувальним лакофарбовим матеріалом синього кольору (RAL 5015).

Корпус котла з підключеннями для прямого та зворотного трубопроводів, запобіжного клапана, для наповнення / зливу, має оглядовий люк.

Теплоізоляція 100 мм і дверцята котла ї чудово утримує тепло та зводять тепловтрати до мінімуму. Опорна рама котла служить для рівномірного розподілу навантаження і простий транспортування обладнання.

Поверхні нагріву котла розташовані симетрично, в його конструкції використаний принцип триходового проходження продуктів згоряння, мається циліндрична жарова труба і водоохолоджувана камера з поворотом газового потоку.

Дуже маленькі втрати з променистим теплом завдяки компактній циліндричній конструкції, хорошій теплоізоляції і обшивці з алюмінієвого листа. Високий стандартизований коефіцієнт використання

У комбінації з вбудованим конденсаційним теплообмінником може використовуватися як газовий конденсаційний котел. Висока експлуатаційна надійність завдяки вбудованому інжектору для рівномірного розподілу температури

Повне використання діапазону регулювання пальника , оскільки відсутнє обмеження мінімального навантаження на пальник

Робота із зниженим рівнем шуму і низькими викидами шкідливих речовин. Низькі викиди шкідливих речовин завдяки організації проходу продуктів згоряння за трьохходовим принципом.

Істотно знижені шуми в робочому режимі завдяки звукопоглинальній підставці під котел, шумоглушнику димових газів і звукопоглинальному кожуху пальника.

### 1.3 Розрахунок теплової схеми існуючої котельні

Температура води на вході у котли прийнята постійною, рівною 70 °С, за рахунок рециркуляції мережевої води. Температура мережевої води в подаючому трубопроводі за опалювальний період не знижується нижче 70 °С, що диктується споживачами гарячого водопостачання [7]. В котельній встановлено газовий котел КВа 2.0

Існуюча розрахункова відпустка тепла на опалення і вентиляцію,  $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_{\text{ов}} = 20,02.$$

Коефіцієнт зниження витрат теплоти на опалення і вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря

$$K_{\text{ов}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н.изл}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нр}}} = \frac{18 - (-21)}{18 - (-21)} = 1.$$

Розрахункова відпустка тепла на опалення і вентиляцію,  $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_{\text{ов}} = (Q_{\text{ов.макс}}^{\text{ж}} - Q_{\text{ов.макс}}^{\text{н}}) = (20,019 + 0) \cdot 1 = 20,02.$$

Значення коефіцієнта  $K_{\text{ов}}$  в ступені 0,8

$$K_{\text{ов}}^{0,8} = 1^{0,8} = 1.$$

Температура прямої мережевої води на виході з котельні, °С

$$t_1 = 18 + 64,5 \cdot K_{\text{ов}}^{0,8} + 57,5 \cdot K_{\text{ов}} = 18 + 64,5 \cdot 1 + 57,5 \cdot 1 = 140.$$



Температура зворотної мережної води на вході в котельню, °С

$$t_2 = t_1 - 80 \cdot K_{об} = 140 - 80 \cdot 1 = 60.$$

Сумарний відпуск тепла на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання,  $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_{ГВ.об} = Q_{об} + (Q_{Г.В.}^{ср.ж} + Q_{Г.В.}^{ср.н}) = 20,02 + (0,16213 + 0) = 20,18113.$$

Розрахункова витрата мережної води, кг/с

$$G_{ГВ.об} = \frac{Q_{ГВ.об} \cdot 10^3}{(t_1 - t_2)} = \frac{20,18113 \cdot 10^3}{(150 - 70)} = 60,206.$$

Розрахунок підживлювальної води на заповнення втрат в тепломережі, кг/с

$$G_{ут} = \frac{0,5}{100} \cdot [(Q_{об.макс}^{ж} + Q_{ГВ}^{ср.ж}) \cdot q_{сист}^{ж} + (Q_{об.макс}^n + Q_{ГВ}^{ср.н}) \cdot q_{сист}^n] \cdot \frac{K_{ут}}{3600} = \frac{0,5}{100} \cdot [(20,02 + 0,16213) \cdot 42900 + (0 + 0) \cdot 0] \cdot \frac{1}{3600} = 1,204.$$

Кількість зворотної мережної води, кг/с

$$G_{сет.обр} = G_{ГВ.об} - G_{ут} = 60,206 - 1,204 = 59,0021.$$

Температура гріючої води, що поступає до деаератора, °С

$$t_d = t_{вк1} = 150.$$

Кількість гріючої води, що поступає до деаератора, кг/с

$$G'_{\text{д}} = \frac{1,002 \cdot G_{\text{ут}} \cdot (T_5 - T_4)}{(t_{\text{вк1}} - T_5) \cdot 0,98} = \frac{1,002 \cdot 1,204 \cdot (70 - 60)}{(150 - 70) \cdot 0,98} = 0,154.$$

Продуктивність деаератора, кг/с

$$G_{\text{д}} = G_{\text{ут}} + G'_{\text{д}} = 1,204 + 0,154 = 1,36.$$

Випар з деаератора, кг/с

$$D_{\text{вип}} = 0,002 \cdot G_{\text{д}} = 0,002 \cdot 1,36 = 0,00272.$$

Кількість пом'якшеної води, що поступає в деаератор, кг/с

$$G_{\text{у}} = G_{\text{ут}} + D_{\text{вип}} = 1,204 + 0,00272 = 1,21.$$

Кількість сирії води, відповідно витраті пом'якшеної води, кг/с

$$G_{\text{св}} = K_{\text{хво}}^{\text{сн}} + G_{\text{у}} = 1,1 + 1,21 = 2,31.$$

Витрата теплоти на підігрів сирії води перед водо підготовкою,  $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_{\text{с}} = \frac{G_{\text{св}} \cdot (T_3 - T_1) \cdot 10^{-3} \cdot 4,19}{0,98} = \frac{2,31 \cdot (25 - 5) \cdot 10^{-3} \cdot 4,19}{0,98} = 0,20.$$

Кількість нагріваючої води, відповідно витраті  $Q_{\text{с}}$ , кг/с

$$G'_{\text{с}} = \frac{Q_{\text{с}} \cdot 10^3}{(t_{\text{вк1}} - t_5) \cdot 4,19} = \frac{0,20 \cdot 10^3}{(150 - 70) \cdot 4,19} = 0,59.$$

Витрата теплоти на підігрів пом'якшеної води перед деаератором,  $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_y = \frac{G_y \cdot (T_4 - T_3) \cdot 10^{-3} \cdot 4,19}{0,98} = \frac{1,21 \cdot (60 - 25) \cdot 10^3 \cdot 4,19}{0,98} = 0,18.$$

Кількість гріючої води, відповідно величині  $Q_y$ , кг/с

$$G'_{y=} = \frac{Q_y \cdot 10^3}{(t_{\text{ВК1}} - t_5) \cdot 4,19} = \frac{0,18 \cdot 10^3}{(150 - 70) \cdot 4,19} = 0,54.$$

Загальна витрата теплоти на підігрів сирії, пом'якшеної води і на деаерацію,  $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$\begin{aligned} Q_o &= Q_c + Q_y + G'_d \cdot (t_{\text{ВК1}}^{\text{пост}} - t_{2\text{макс}}) \cdot C_v \cdot 10^{-3} = \\ &= 0,20 + 0,18 + 0,154 \cdot (150 - 70) \cdot 4,19 \cdot 10^{-3} = 0,43. \end{aligned}$$

Загальна витрата гріючої води відповідно величині  $Q_o$ , кг/с

$$G_o = G'_c + G'_y + G'_d = 0,59 + 0,54 + 0,154 = 1,28.$$

Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами,  $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_T = Q_{\text{ОВ+ГВ}} + Q_o = 20,18 + 0,43 = 20,61.$$

Теплове навантаження на котел, що працює в постійному режимі,  $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_T^{\text{пост}} = Q_K^{\text{ном}} \cdot N_{\text{кр}} = 2 \cdot 1 = 2.$$

Відсоток завантаження водогрійного котла, що працює в постійному режимі, %

$$K_{\text{загр}}^{\text{пост}} = \frac{Q_{\text{Т}}^{\text{пост}} \cdot 100}{Q_{\text{К}}^{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 100}{2} = 100.$$

Кількість води, яка пропускається крізь кожний працюючий водогрійний котел, кг/с

$$G_{\text{вк}} = \frac{Q_{\text{Т}}^{\text{пост}} \cdot 10^3}{C_{\text{в}} \cdot (t_{\text{вк1}}^{\text{пост}} - t_{\text{вк2}})} = \frac{Q_{\text{Т}}^{\text{пер}} \cdot 10^3}{C_{\text{в}} \cdot (t_{\text{вк1}}^{\text{пер}} - t_{\text{вк2}})} = 5,97.$$

Сумарна кількість води, що пропускається через працюючі водогрійні котли, кг/с

$$G_{\text{вк}\Sigma} = G_{\text{вк}} \cdot N_{\text{кр}}^{\text{в}} = 5,97 \cdot 1 = 5,97.$$

Додаткова кількість мережної води на ГВС, кг/с

$$\Delta G_{\text{ГВ}} = G_{\text{ОВ+ГВ}} - G_{\text{ОВ+ГВmax}} = 0.$$

Кількість води, яка проходить через нерегульований перепуск, кг/с

$$G_{\text{нп}} = N_{\text{кр}}^{\text{в}} \cdot N_{\text{вк}} + \Delta G_{\text{зв}} = 1 \cdot 5,97 + 0 = 5,97.$$

Температура мережної води на виході з водогрійного котла, що працює в постійному режимі, °С

$$t^{\text{пост}} = 150.$$

Сумарна кількість води перед мережними насосами, кг/с

$$\Sigma G_{\text{обр}}^{\text{сет}} = G_{\text{с.обр}}^{\text{ОВ.ГВ}} + (G_{\text{підж}} + G'_{\text{д}}) + G'_{\text{у}} + G'_{\text{с}} =$$

$$= 59,002 + (1,204 + 0,154) + 0,54 + 0,59 = 61,49.$$

Температура мережної води в зворотному трубопроводі перед мережним насосом, °С

$$t_3 = \frac{G_{\text{обр}}^{\text{сет}} + t_2}{\Sigma G_{\text{обр}}^{\text{сет}}} + \frac{(G_{\text{підж}} + G'_d)T_5 + (G_y + G'_c)T_4}{\Sigma G_{\text{обр}}^{\text{сет}}} =$$

$$= \frac{59,002 + 70}{61,49} + \frac{(1,204 + 0,154) \cdot 70 + (1,21 + 0,59) \cdot 60}{61,49} = 70.$$

Кількість води на рециркуляцію, кг/с

$$G_{\text{рц}} = G_{\text{вк}\Sigma} \cdot \frac{t_{\text{вк}2} - t_3}{t_{\text{вк}1}^{\text{пост}} - t_3} = 14,92 \cdot \frac{70 - 70}{150 - 70} = 0.$$

Кількість води на регульований перепуск, кг/с

$$G_{\text{рп}} = G_{\text{рц}} = 0.$$

Результати розрахунків наведено у таблиці 1.4. Аналогічний розрахунок проводиться ще для шести різних температур зовнішнього повітря, а саме для: температури зовнішнього повітря у точці зламу температурного графіка мережної води, температур -15, -10, -5 та 0 °С. Розрахунок теплової схеми котельні для центральної міської лікарні у м. Селідово наведено у таблиці 1.5.

Таблиця 1.4 - Вихідні дані для розрахунку теплової схеми котельні центральної міської лікарні у м. Селідово

Найменування вихідних даних	Позначення	Одиниця виміру	Розрахункові режими			
			Максимальний зимовий	При температурі зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка	При температурі зовнішнього повітря з інтервалом 5 °С	Літній
1	2	3	4	5	6	7
Максимальна відпустка тепла з котельної на опалювання і вентиляцію для міст і житлових районів	$Q_{ов.макс}^{ж}$	$\frac{МДж}{с}$	20,019	—	—	—
Максимальна відпустка тепла з котельної на опалювання і вентиляцію промислових підприємств	$Q_{ов.макс}^п$	//	0	—	—	—
Середня величина відпуску тепла на гаряче водопостачання (за добу найбільшого водоспоживання) міст і житлових районів	$Q_{гв}^{ср.ж}$	//	0,16213	—	—	—
Середня величина відпуску теплоти на гаряче водопостачання промислових підприємств	$Q_{гв}^{макс.п.}$	//	0	—	—	—

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
Максимальна температура прямої мережної води	$t_{1\max}$	$^{\circ}\text{C}$	150	—	—	—
Мінімальна температура прямої мережної води в точці зламу температурного графіка мережної води	$t_{1\text{изл}}$	$^{\circ}\text{C}$	—	70	—	—
Максимальна температура зворотної мережної води	$t_{2\max}$	$^{\circ}\text{C}$	70	—	—	—
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{\text{н.р.}}$	$^{\circ}\text{C}$	-21	—	—	—
Температура повітря всередині опалювальних будівель	$t_{\text{вн}}$	$^{\circ}\text{C}$	18	18	18	—
Розрахункова температура гарячої води в місцевій системі гарячого водопостачання	$t_{\text{г.в.}}$	$^{\circ}\text{C}$	70			
Температура деаерованої води після деаєраторів	$T_5$	$^{\circ}\text{C}$	70			
Ентальпія деаерованої води після деаєраторів	$T'_5$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	293,3			
Температура сирієї води на вході в котельню	$T_1$	$^{\circ}\text{C}$	5	5	5	15

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
Температура сирієї води перед хімоводоочищенням	$T_3$	$^{\circ}\text{C}$			25	
Температура пом'якшеної води перед деаератором підживлюючої води	$T_4$	$^{\circ}\text{C}$			60	
Питомий об'єм води в системі теплопостачання сумарного відпускання тепла на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання міст і житлових районів	$q_{\text{сист}}^{\text{ж}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{МВт}}$			42,9	
Питомий об'єм води в системі теплопостачання сумарного відпускання тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання промислових підприємств	$q_{\text{сист}}^{\text{п}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{МВт}}$			0	
Коефіцієнт зниження витоку в системі теплопостачання	$K_{\text{ут}}$	-			1	
Питомі втрати пари з випаром з деаераторів	$d_{\text{вип}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$			0,002	



Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
Коефіцієнт власних потреб ХВО	$k_{\text{ХВО}}^{\text{CH}}$	-	1,1			
Температура мережної води на виході з водогрійних котлів, що працюють у постійному режимі	$t_{\text{BK1}}^{\text{пост}}$	$^{\circ}\text{C}$	150	150	150	140
Температура зворотної мережної води на вході у водогрійний котел	$t_{\text{BK2}}$	$^{\circ}\text{C}$	70			
Температура зворотної мережної води після підігрівача сирі та пом'якшеної води	$t_5$	$^{\circ}\text{C}$	70			
Номінальна теплопродуктивність одного водогрійного котла КВа 2.0	$Q_{\text{K}}^{\text{НОМ}}$	МВт	2			

Таблиця 1.5 - Розрахунок теплової схеми котельні для центральної міської лікарні у м. Селідово

Найменування розрахункової величини	Позначення	Одиниці виміру	Розрахункові формули	Розрахункові режими							
				Зимовий							Літній
				Максимальний зимовий	При температурі зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка	При температурі зовнішнього повітря					
						-20	-15	-10	-5	0	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура зовнішнього повітря у точці зламу температурного графіка мережної води	$t_{н.изл}$	$^{\circ}\text{C}$	$t_{вн}-0,354(t_{вн}-t_{нр})$	—	3,23	—	—	—	—	—	—
Коефіцієнт зниження витрат теплоти на опалення і вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря	$K_{ов}$	—	$\frac{t_{вн} - t_{н.изл}}{t_{вн} - t_{нр}}$	1	0,12	0,96	0,77	0,58	0,38	0,19	—

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Розрахункова відпустка тепла на опалення і вентиляцію	$Q_{ов}$	$\frac{МДж}{с}$	$(Q_{ОВ.макс}^ж - Q_{ОВ.макс}^н) \cdot K_{ОВ}$	20,02	2,40	19,25	15,4	11,55	7,70	3,85	—
Значення коефіцієнта $K_{ОВ}$ в ступені 0,8	$K_{ов}^{0,8}$	—	—	1	0,183	0,969	0,81	0,644	0,47	0,27	—
Температура прямої мережевої води на виході з котельні	$t_1$	$^{\circ}C$	$18 + 64,5 \cdot K_{ОВ}^{0,8} + 57,5 \cdot K_{ОВ}$	140	37,93	145,4	122,21	98,48	73,99	48,23	—
Температура прямої мережної води на виході з котельні	$t_2$	$^{\circ}C$	$t_1 - 80 \cdot K_{ОВ}$	70	28,33	68,49	60,67	52,33	43,23	32,84	—
Сумарний відпуск тепла на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання	$Q_T$	$\frac{МДж}{с}$	$Q_{ов} + (Q_{с.б.}^{ср.ж} + Q_{с.б.}^{ср.н})$ $1,3Q_{с.б.}^{ср.ж} + Q_{с.б.}^{max.n}$	20,18	2,56	19,41	15,56	11,71	7,86	4,01	0,21
Розрахункова витрата мережної води	$G_{мер}$	$\frac{кг}{с}$	$\frac{Q_T \cdot 10^3}{(t_1 - t_2)C}$ $\frac{Q_T \cdot 10^3}{C(t_{1uzn} - t_{2uzd})}$	60,206	63,753	60,226	60,35	60,56	60,98	62,23	40,6







Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Додаткова кількість мережної води на ГВС	$\Delta G_{ГВ}$	$\frac{кг}{с}$	$G_{ОВ+ГВ} - G_{ОВ+ГВmax}$	0	3,55	0,02	0,15	0,35	0,77	2,03	-
Кількість води, яка проходить через нерегульований перепуск	$G_{НП}$	$\frac{кг}{с}$	$N_{кр}^B \cdot N_{ВК} + \Delta G_{ГВ}$	5,97	9,51	5,99	6,11	6,32	6,47	8,00	-
Температура мережної води на виході з водогрійного котла, що працює в постійному режимі	$t^{пост}$	$^{\circ}C$		150	150	150	150	150	150	150	140
Сумарна кількість води перед мережними насосами	$\Sigma G_{обр}^{сет}$	$\frac{кг}{с}$	$G_{с.обр}^{ов.гв} + (G_{підж} + G'_{д}) + G'_{у} + G'_{с}$	61,49	65,03	61,51	61,63	61,84	62,26	63,52	41,11
Температура мережної води в зворотному трубопроводі перед мережним насосом	$t_3$	$^{\circ}C$	$\frac{G_{обр}^{сет} + t_2}{\Sigma G_{обр}^{сет}} + \frac{(G_{підж} + G'_{д})T_5 + (G_y + G'_{с})T_4}{\Sigma G_{обр}^{сет}}$	70	30,36	69,02	61,52	53,5	44,76	34,75	41,1
Кількість води на рециркуляцію	$G_{рц}$	$\frac{кг}{с}$	$G_{ВК\Sigma} \cdot \frac{t_{ВК2} - t_3}{t_{ВК1}^{пост} - t_3}$	0	1,98	0,07	0,57	1,02	1,43	1,82	1,99
Кількість води на регульований перепуск	$G_{рп}$	$\frac{кг}{с}$	$G_{рп} = G_{рц}$	0	1,98	0,07	0,57	1,02	1,43	1,82	1,99

#### 1.4 Енергетичний баланс центральної міської лікарні у м. Селідово

На підставі вимог європейського законодавства, актів Енергетичного Співтовариства та інших нормативних документів розроблена методика, за якою здійснюється енергетичне обстеження будівель.

При проведенні енергообстеження обов'язково береться до уваги наступна інформація:

- клімат конкретного регіону;
- сфера використання будови і конструктивне її рішення;
- енергобаланс будови, розташування огорож і енергетичні параметри споруди;
- санітарні норми в будівлі;
- термін використання інженерних мереж і конструктивних елементів будівлі;
- особливості комунальних мереж;
- застосування альтернативних поновлюваних джерел енергії, використання захисних від сонця конструкцій.

Проведення енергетичного обстеження здійснюється за кошти замовника. Якщо споруда продається або здається в оренду, то на вимогу покупця або наймача власник зобов'язаний надати такий енергетичний сертифікат на будівлю.

Якщо майно не відноситься до такого, на яке потрібне обов'язкове енергетичне обстеження та оформлення подібного сертифіката, то його отримання є добровільним за рішенням власника.

Сертифікацію проводить незалежний енергоаудитор, за результатами якої видається енергетичний сертифікат і робиться розрахунок класу енергоефективності будівлі.

Енергетичний аудит – це процес обстеження будови технічної та документальної для отримання відомостей про енергосистеми конкретного підприємства. По закінченні заходів аудитор робить висновок про стан об'єкта,



виявляє джерела втрат ресурсів, знаходить причини зайвих витрат, розробляє рекомендації щодо усунення проблем.

Завдання проведення енергоаудиту підприємства або житлової будови:

- виявлення причин зайвої витрати енергоресурсів;
- визначення реального використання енергії та потенціалу енергозбереження;
- розрахунок чисельних показників;
- розробка програм зниження втрат енергії і способів їх впровадження.

Енергоаудит промислових підприємств і житлових об'єктів своїм результатом має енергетичний паспорт будівлі, технічний звіт і рекомендації по зменшенню споживання ресурсів і витрат.

З 2019 року енергопаспорт будівлі є невід'ємною частиною документації на об'єкт. Виготовляють його при проектуванні споруди, а дані вимагають оновлення через кожні 5 років, тобто термін дії енергетичного паспорта дорівнює цьому терміну.

Дані, які містить паспорт енергозбереження, вносяться на підставі проведення енергетичного обстеження і формальних відомостей про будову.

Також в енергетичний паспорт житлового будинку вносять особливості та заходи щодо збільшення енергоефективності споруди:

- які матеріали використані для теплоізоляції;
- наявність кліматичних систем всередині будівлі;
- тривалість використання опалення;
- клас енергоефективності будівлі;
- порівняння фактичних відомостей з розрахунковими;
- рекомендації професіоналів щодо поліпшення показників енергоефективності.

Енергопаспорт будівлі також містить в собі відомості про фахівця, який складав його. Оформлення енергетичного паспорта – непростий процес, і для цього необхідний експерт з високим рівнем кваліфікації.

Паспорт енергоефективності буде потрібно в таких випадках:

- при створенні проекту споруди і прив'язці його до конкретної місцевості:
- енергетична паспортизація може знадобитися в процесі здачі об'єкта в експлуатацію, якщо були внесені зміни в проектні технічні рішення;
- в процесі експлуатації на підставі проведення обов'язкового енергетичного обстеження.

Енергетичний (тепловий) баланс рівня зони будівлі включає наступні складові [27]:

- трансмісійну теплопередачу між кондиціонованим об'ємом та зовнішнім навколишнім середовищем, що обумовлена різницею між температурою кондиціонованої зони та температурою зовнішнього повітря;
- вентиляційну теплопередачу (від природної вентиляції або системи механічної вентиляції), спричинену різницею між температурою кондиціонованої зони та температурою припливного повітря;
- внутрішні теплонадходження (включаючи від'ємні надходження від тепловідводу), від людей, устаткування, освітлення та теплота, що виділена або поглинута з систем опалення, охолодження, ГВП, вентиляції тощо;
- сонячні теплонадходження (які можуть бути прямими, наприклад, через вікна, або непрямыми, наприклад, поглинені непрозорими елементами будівлі);
- акумульовану теплоту в будівлі або вивільнений запас теплоти з масиву будівлі;
- енергопотребу для опалення: якщо зона опалюється, система опалення постачає теплоту для підвищення внутрішньої температури до мінімально необхідного рівня (завданого для опалення);
- енергопотребу для охолодження: якщо зона охолоджується, система охолодження відбирає теплоту для зниження внутрішньої температури до максимально необхідного рівня (завданого для охолодження).

Термічний опір шару багат шарової конструкції  $R_i$  визначається за формулою,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$

$$R_i = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

де  $\delta_i$  - товщина шару, м;

$\lambda_i$  - коефіцієнт теплопровідності матеріалу багатошарової конструкції, що приймається за [33], Вт/(м·К).

Конструкція зовнішньої стіни: вентильований фасад на сталевому каркасі з товщиною повітряного прошарку 0,05 м, теплова ізоляція із базальтової вати 0,05 м, стіна із газобетону товщиною 0,4 м і вапняно-піщаний розчин 0,02 м.

Опір теплопередачі огорожувальної конструкції, визначається за формулою,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$

$$R = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}},$$

де  $R_1, R_2, R_n$ , - термічний опір окремих шарів конструкції,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ ;

$\alpha_{\text{в}}$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  [3];

$\alpha_{\text{н}}$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції для зимових умов,  $\alpha_{\text{н}} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ .

## 2 АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ЛІКАРНІ У М. СЕЛІДОВО

Тепломеханічна частина кваліфікаційної роботи виконана на підставі [33] і державного нормативного акту з охорони праці ДНАОП 0.00-1.26-96 "Правила будови і безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не більше 0,07 Мпа водогрійних котлів і водопідігрівачів з температурою води не вище 115С ", довідкового посібника «Модульні котельні установки системи "Укрінтерм" ».

Котельня, що реконструюється призначена для тепло забезпечення, вентиляції та гарячого водозабезпечення обласної бальнеологічної лікарні в м Знам'янка. Котельня обладнана модульними установками системи «Укрінтерм»: 12-ма модулями нагріву тепловою потужністю 120 кВт кожен: модулем приготування гарячої води і модулем постійної температури.

Модуль МН120 має три окремих елемента – проточні водонагрівачі, до складу яких входять газові пальники з електронним підпалом, теплообмінники для нагріву теплоносія, циркуляційні насоси, запірні та регулююча арматура. Ці елементи не залежні один від одного і відокремлені газовими та водними кранами від загальних колекторів модуля. Елементи розташовуються один над іншим. Загальні газовий і водний колектори проходять уздовж поздовжньої, горизонтальній осі модуля і закінчуються по обидва боки модуля приєднувальними фланцями.

Модуль приготування гарячої води МГВ-2 складається з двох круглих теплообмінників. Збірно-розподільна труба розташована в нижній частині модуля і є з'єднувальним елементом котла. По ній протікає гаряча вода для нагріву і поворотна «холодна» вода.

Насос первинного контуру відбирає воду з нагрітою водою збірно-розподільчої труби і проганяє її по первинному контуру теплообмінників.

Триходовий клапан регулює температуру води, яка входить в теплообмінники, шляхом змішування гарячої води з «холодною» поворотною

водою. Виконавчий механізм встановлює триходовий клапан відповідно до сигналів, які він отримує від регулятора підтримки заданої температури.

Модуль регулятор температури АРД-80 призначений для регулювання температури води в опалювальній системі залежно від зовнішніх погодних умов. Він обладнаний двома циркуляційними насосами (один робочий, другий – резервний).

Триходовий клапан з виконавчим механізмом регулює температуру води, що подається в систему шляхом змішування гарячої води з «холодною» поворотною водою.

Регулятор температури регулює в залежності від зовнішньої температури температуру води, що поступає до нагріву.

Зовнішній термодатчик встановлюється із зовнішнього боку опалювального приміщення.

Модульні установки змонтовані в теплових шафах. Опалення котельні передбачається газовим конвектором LB-50.

Для забезпечення 3х - кратного повітрообміну в котельні передбачена приточно-витяжна вентиляція з природним спонуканням.

Приплив повітря здійснюється через жалюзійні решітки встановлені в нижній частині перегородки з суміжним котельним залом. Витяжка повітря здійснюється за допомогою існуючого дефлектора діаметром 500 мм.

Відведення продуктів згоряння від модулів передбачається системою сталевих газоходів з підключенням в димову трубу.

Модулі обладнані компенсаторами тяги.

Водопостачання котельні передбачається від існуючих мереж. Вода відповідає вимогам [34] і призначена для господарсько-побутових, виробничих і протипожежних потреб.

Аварійні та випадкові протоки з системи автоматичної водопідготовки передбачається в існуючу мережу каналізації.

Монтажні роботи виконувати згідно [35] та [36].

## 2.1 Загальна інформація про об'єкт

Районна лікарня міста Селидове знаходиться за адресою: вулиця Шевченка, будинок 14, м. Селидове, Донецька область. Рік побудови – 1967 р.

Сьогодні у складі лікарні функціонують структурні підрозділи:

- консультативно-діагностична поліклінічна;
- терапевтичне відділення на 20 ліжок;
- педіатричне відділення на 10 ліжок;
- відділення невідкладної (екстреної) медичної допомоги.

Медична допомога в районі у звітній період на вторинному рівні надавалася ЦРЛ до складу якої входять структурні підрозділи: адміністративно-управлінська частина; діагностична служба; лікувальна служба на 45 ліжок.

На рисунку 2.1 представлено загальний вигляд будівлі лікарні.



Рисунок 2.1 – Будівля районної лікарні м. Селидове

Периметр будівлі складає 208 метрів. Кількість поверхів – 3. Висота будівлі складає 9,7 метр. Площа забудови – 1025 м<sup>2</sup>.

Зовнішні стіни з силікатної цегли товщиною 510 мм.

По проекту покрівля скатна безпосередньо над останнім поверхом.

Вікна передбачені в проекті – дерев'яні з подвійним склінням. частково вікна та двері замінені на металопластикові склопакети, Це призвело до зменшення тепловтрат будівлі за рахунок збільшення термічного опору огорожувальних конструкцій будівлі.

Будинок обладнаний загально будинковим електролічильником.

Вхідні параметри для розрахунку наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахункові параметри [37]

Розрахунковий параметр	Позначення	Одиниця виміру	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_{в}$	°С	21,00
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{з}$	°С	-21,00
Тривалість опалювального періоду	$z_{оп}$	доба	174
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{онз}$	°С	-0,4
Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду	$D_d$	°С/доба	3386

Фактичні умови внутрішнього середовища наведено в таблиці 2.2, а геометричні параметри будівлі – в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 - Фактичні умови внутрішнього середовища

	Фактична температура повітря, °С	Нормативна температура повітря (для опалювального періоду), °С	Фактична вологість повітря, %	Нормативна вологість повітря (для опалювального періоду), %
На вулиці	-	-21,00	55,00	-
В приміщенні	21,00	21,00	51,00	50,00

Таблиця 2.3 - Геометричні показники будівлі

Показники	Позначення та розмірність	Фактичне значення показника
Загальна площа	$F_{\Sigma}, m^2$	3684,0
В тому числі:		
- стін	$F_{ств}, m^2$	1346,0
- вікон і балконних дверей	$F_{cv}, m^2$	132,0
- вікон дерево	$F_{дв}, m^2$	136,0
- дверей	$F_{д}, m^2$	20,0
- горищних перекриттів (холодного горища)	$F_{пк хг}, m^2$	1025,0
- перекриттів над техпідпіллями	$F_{ц1}, m^2$	-
- перекриттів над	$F_{ц2}, m^2$	1025,0
Площа опалювальних приміщень	$m^2$	2483,0
Опалювальний об'єм	$m^3$	8368,0
Коефіцієнт скління фасадів		0,20
Показник компактності будинку		0,44



## 2.2 Визначення енергетичної ефективності будівлі

Характеристика зовнішніх огорожуючих конструкцій (стін). Загальна площа стін складає – 1346 м<sup>2</sup>, приведений (середньозважений) термічний опір – 0,75 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт. Згідно ДБН В.2.6-31:2016 нормативне значення термічного опору для даного регіону складає – 2,8 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт, отже характеристика огорожуючої конструкції не відповідає вимогам ДБН. Огороджуюча конструкція складається з наступних шарів: цегла 510 мм, розчин цементно-піщаний товщиною 20 мм(густина - 1600 кг/м<sup>3</sup>).

Додаткова інформація: фасад стін будівлі є самонесучими, частково утепленими. Під час обстеження було виявлено незначні пошкоджені огорожуючих конструкцій (тріщини). Стан стін наведено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Фотографія стін будівлі

Значну частину будівельних конструкцій займають огорожувальні конструкції. До цих конструкцій пред'являються досить широкий спектр вимог.

Характеристики стін будівлі наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика стін лікарні

Загальна оцінка існуючого стану							Задовільний		
Зовнішня загальна площа, м <sup>2</sup>							1346,0		
Товщина стіни, мм							530,00		
Конструкція стіни							Цегляні стіни 510 мм, штукатурка 20 мм		
Наявність теплоізоляції							відсутня		
Приведений термічний опір зовнішніх стін (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт							0,75		
Нормативний термічний опір зовнішніх стін згідно							2,80		
Орієнтація	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-З	З	Пн-З	
Площа стіни, м <sup>2</sup>	174,8	-	502,7	-	150,5	-	518,0	-	

Стан горища та покриття будівлі лікарні наведено у таблиці 2.5.

Характеристика покрівлі (даху). Загальна площа даху складає – 1025,5 м<sup>2</sup>, приведений (середньозважений) термічний опір – 1,08 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт. Згідно ДБН В.2.6-31:2016 нормативне значення термічного опору для даного регіону становить – 4,5, отже характеристика огорожуючої конструкції не відповідає вимогам ДБН. Загальний стан огорожуючих конструкцій (даху) можна охарактеризувати як прийнятний.

Огорожуюча конструкція складається з наступних елементів: залізобетон товщиною 220 мм (густина - 2500 кг/м<sup>3</sup>), відсів.

Таблиця 2.5– Стан горища та покриття будівлі

Загальна оцінка існуючого стану	задовільний
Загальна площа, м <sup>2</sup>	1025,0
Тип горища	неопалюване
Висота горища, м	1,4
Конструкція перекриття між останнім пов. і горищем	Залізобетонні панелі з круглими пустотами
Конструкція покриття	шифер
Тип даху	скатний
Система водовідводу	Організований внутрішній
Наявність теплоізоляції	відсутня
Приведений термічний опір даху (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	1,08
Нормативний термічний опір даху згідно із зміною №1 до ДБН В.2.6- 31 2016 (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	4,50

Оцінка існуючого стану вікон будівлі занесемо до таблиці 2.6 та представлено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Фотографія вікон

Характеристика віконних конструкцій та балконних дверей: загальна площа вікон становить – 268 м<sup>2</sup>, приведений (середньозважений) термічний опір складає - 0,37 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, при коефіцієнті скління – 0,16. Згідно ДБН В.2.6-31:2016 нормативне значення термічного опору для даного регіону складає – 0,6(м<sup>2</sup>·°C)/Вт.

Додаткова інформація: не всі вікна замінено на металопластикові, але на теперішній час і металопластикові вікна також є застарілими і потребують заміни.

Таблиця 2.6 – Стан вікон

Загальна оцінка існуючого стану					задовільний			
Загальна площа, м <sup>2</sup>					268,0			
Тип матеріалу					ПВХ та дерево			
Тип рами					ПВХ профіль та дерев'яний			
Варіант скління					4М1-16-4М1 та подвійне в дереві			
Вологість столярних виробів, %					-			
Приведений термічний опір вікон (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт					0,37			
Нормативний термічний опір вікон згідно із змінною №1 до ДБН В.2.6- 31 2016 (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт					0,60			
Орієнтація	Пн	Пн- Сх	Сх	Пд- Сх	Пд	Пд-3	З	Пн-3
Площа ПВХ вікон, м <sup>2</sup>	35,4		58,9		23,7		44,6	
Площа дерев'яних вікон м <sup>2</sup>	14,2		26,1		13,1		52,1	

Характеристика технічного стану вхідних дверей занесено у таблицю 2.7 та представлено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Фотографія дверей

Таблиця 2.7 – Стан вхідних дверей

Загальна оцінка існуючого стану	задовільний
Загальна площа, м <sup>2</sup>	20,0
Тип матеріалу	Метал, дерево, ПВХ
Площа металевих та дерев'яних дверей, м <sup>2</sup>	20
Площа ПВХ дверей, м <sup>2</sup> Варіант скління	-
Приведений термічний опір дверей (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	0,77
Нормативний термічний опір дверей згідно із зміною №1 до ДБН В.2.6- 31 2016 (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	0,50

Загальна площа дверей складає – 20 м<sup>2</sup>, приведений (середньозважений) термічний опір - 0,77 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт. Згідно із зміною №1 до ДБН В.2.6-31:2016 нормативне значення термічного опору для даного регіону становить - 0,50 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт. Загальний стан вхідних дверей можна охарактеризувати як прийнятний.

Характеристика цокольної частини будівлі відображена на рисунку 2.5 та у таблиці 2.8.

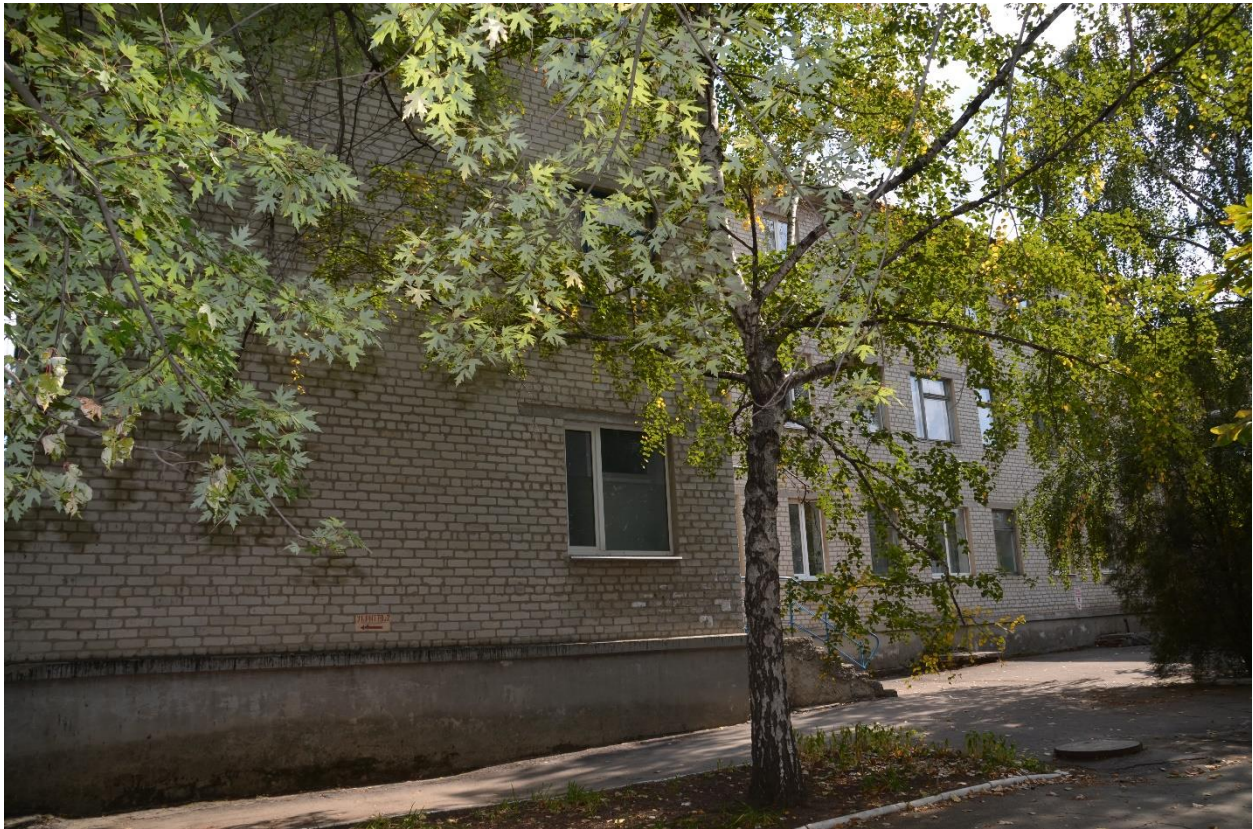


Рисунок 2.5 – Фотографія цокольної частини

Таблиця 2.8 - Цокольна частина будівлі

Загальна оцінка існуючого стану	Задовільний
Загальна площа, м <sup>2</sup>	135
Середня висота цоколю, м	0,65
Наявність відмостки	Наявна
Ширина відмостки, мм	0,6-1,2м.
Товщина стіни, мм	530мм
Конструкція стіни	Цегла
Наявність теплоізоляції	Відсутня

Огороджуюча конструкція складається з наступних шарів: цегла 510 мм.  
Додаткова інформація: цоколь та відмостка мають доволі значні пошкодження.

В будівлі облаштовано техпідлогу. Характеристика підлоги будівлі відображена у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Перекриття над неопалюваними підпіллями

Загальна оцінка існуючого стану	задовільне
Загальна площа, м <sup>2</sup>	1025,0
Конструкція перекриття	Залізобетон, дошка
Наявність теплоізоляції	відсутня
Вологість стін, %	-
Приведений термічний опір полу (м <sup>2</sup> °C)/Вт	0,52
Нормативний термічний опір полу згідно із зміною №1 до ДБН В.2.6- 31 2016 (м <sup>2</sup> °C)/Вт	3,30

Обстеження інженерних систем будинку розпочалося з обстеження системи опалення. Характеристики системи вентиляції наведено у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Характеристика системи опалення

В дії, починаючи з	-
Тип постачання	Централізоване
Автоматичне регулювання	відсутнє
Енергоносії у джерелі теплоносія	Газ
Загальна оцінка існуючого стану	Прийнятний
Теплоносій	Вода
Матеріал труб	сталь
Термостатичні регулятори	Радіатори чавунні М140АО, регістри з ребристих та гладких труб-119 шт.
Балансувальні клапани	відсутні
Стан теплової ізоляції	задовільний

Система опалення двотрубна з нижнім розведенням. Двотрубною ця система називається відповідно до принципу, за яким теплоносій подається в систему і відводиться з неї. Ефективність даної системи обумовлюється схемою



паралельного, незалежного під'єднання радіаторів. Опалювальні прилади, що встановлені в будівлі – радіатори М-140АО, реєстри з ребристих та гладких труб. Спостерігається повне або часткове гідравлічне розбалансування системи опалення у зв'язку з відсутністю балансувальних клапанів.

Розглянуто можливість впровадження схеми водяного опалення і вентиляції з використанням теплоти ґрунту та вентиляційних викидів. Виконано аналіз схеми теплопостачання, на основі якого визначені температурні параметри у вузлових точках системи, питомі затрати зовнішньої енергії на одиницю виробленої теплоти на вході в об'єкт опалення та вентиляції та частку теплового навантаження. Проведено співставлення отриманих критеріїв енергоефективності з відповідними значеннями для традиційної теплонасосної системи з ґрунтовим теплообмінником.

Впливові фактори енергоефективності існуючої системи водяної системи опалення представлено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Впливові фактори енергоефективності водяної системи опалення з опалювальними приладами

Впливовий фактор		Параметр			
		<i>str1</i>	<i>str2</i>	<i>ctr</i>	<i>emb</i>
Регулювання температури повітря приміщення	Відсутнє, з центральним якісним регулюванням теплоносія	-	-	0,80	-
Температурний напір (за температури повітря 20 °С)	60 К (95/70)	0,88	-	-	-
Специфічні тепловтрати через зовнішні огороження	Опалювальний прилад встановлено біля зовнішньої стіни під вікном без радіаційного захисту	-	0,95	-	1,0

Також було обстежено систему вентиляції. Характеристики системи вентиляції наведено у таблиці 2.12.

Модернізація систем освітлення також відноситься до однієї з найпоширеніших рекомендацій за підсумками енергоаудиту, яка призводить до істотного зниження споживання електроенергії.

Таблиця 2.12 – Характеристика системи вентиляції

В дії, починаючи з	1967
Призначення вентиляційної системи	Припливно-витяжна
Спосіб спонукання	природне спонукання
Стан	задовільний

Фактори, що впливають на додаткові енерговитрати водяної системи опалення наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Фактори, що впливають на додаткові енерговитрати водяної системи опалення

Впливовий фактор	-
Тип системи	двотрубна
Регулювання температури теплоносія у системі	за погодними умовами
Відповідність опалюваної площі будівлі проекту	Відповідає
Гідравлічне балансування системи	Відсутнє(система розбалансована)
Теплоізоляція насосів	відсутні

Заходи, пропоновані енергоаудиторами, прості: відмовитися у всіх можливих випадках від застосування звичайних ламп на користь енергозберігаючих, максимально автоматизувати систему освітлення встановленими датчиками, які будуть контролювати роботу освітлювальних приладів, включаючи їх тоді, коли це необхідно. Характеристика системи освітлення сходових клітин наведена у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Система освітлення сходових клітин

Освітлювальні прилади	Потужність ламп, (Вт)	К-сть ламп на світил., (шт.)	Потужн. світил. (Вт)	К-сть світил. (шт)	Всього (кВт)
Лампи	100	1	100	361	36,1
Всього					36,1

Приведений опір теплопередачі - середньозважений по площі опір теплопередачі термічно неоднорідної огорожувальної конструкції, в якому враховується двомірне у перерізі конструкції перенесення теплоти і який визначається на підставі розрахунків чи результатів випробувань конструкції. Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій зведемо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій:	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Фактичне значення показника
стін	$R_{\Sigma PP \cdot HP}$	3,3	0,75
вікон і балконних дверей	$R_{\Sigma PP \cdot CP \cdot B}$	0,60	0,37
вхідних дверей і воріт	$R_{\Sigma PP \cdot D}$	0,50	0,77
горищних перекриттів (холодних горищ)	$R_{\Sigma PP \cdot XH}$	4,50	1,08
перекриттів над неопалюваними підвалами та підпіллями	$R_{\Sigma PP \cdot Ц2}$		

Енергоспоживання будівлею лікарні наведено в таблиці 2.16.

На даний момент будівля не відповідає існуючим нормативним вимогам та потребує комплексного підходу в реалізації енергоефективних заходів.

Таблиця 2.16 – Енергоспоживання у 2019-2020 роках

Централізоване теплопостачання	
Витрати на опалення, грн.	561487
Споживання теплової енергії гКал	313,68
Електроенергія	
Витрати на енергію, грн.	229086
Енергоспоживання, кВт год	88110
Холодне водопостачання	
Витрати, грн.	25840
Споживання, м <sup>3</sup>	1520

Показниками енергетичної ефективності для будівель є:

- питома енергопотреба на опалення, охолодження, постачання гарячої води;
- розрахункові питомі тепловитрати;
- максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку;
- клас енергетичної ефективності;
- термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів, років;
- відповідність проекту будинку нормативним вимогам;
- питома енергоспоживання викидів парникових газів.

Енергетичні показники будівлі представлено в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Енергетичні показники будівлі

Показники	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (значення після модернізації)	Фактичне значення показника
Розрахункові питомі тепловитрати	$q_{буд}$ , кВт год/(м <sup>2</sup> ·кВт) год/м <sup>3</sup>	-		115,4
Максимально допустиме значення питомих тепловитрат	$E_{max}$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	50,00	-	-
Клас енергетичної ефективності		-	B	G
Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів, років			25	
Відповідність проекту будинку нормативним			Так	Ні
Необхідність доопрацювання			Ні	Так

Рівень автоматизації внутрішніх інженерних систем наведено в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Рівень автоматизації внутрішніх інженерних систем

Системи опалення та охолодження	
Регулювання енергії на опалювальному приладі або в приміщенні	відсутнє автоматичне регулювання
Регулювання розподілення теплоносія за температурою подачі або звороту	регулювання за погодними умовами
Регулювання насосів (на різних рівнях системи)	відсутнє
Регулювання періодичності зниження споживання енергії системою та/або розподілення теплоносія	відсутнє автоматичне регулювання
Взаємозв'язок між регулюванням споживання енергії та/або розподілення тепло/холодоносія у системах опалення та охолодження	Частково. Система централізованого охолодження відсутня
Регулювання джерела енергії	якісне регулювання залежно від погодних умов на центральній котельні
Упорядкування джерел енергії	пріоритетність, що базується лише на навантаженнях
Системи вентиляції та кондиціонування	
Регулювання витрати повітря у приміщенні	відсутнє регулювання
Регулювання витрати повітря при його підготовці	відсутнє регулювання
Захист теплообмінників від переохолодження	відсутні
Захист теплообмінників від перегрівання	відсутні
Механічне використання повітря з низькою температурою	відсутнє регулювання
Регулювання температури припливного повітря	відсутнє регулювання
Регулювання вологості	відсутнє регулювання
Системи освітлення	
Регулювання на присутність	ручне Вкл./Викл.,
Регулювання зовнішнього освітлення	ручне
Регулювання жалюзей	ручне управління

### 2.3 Скорочення викиду еквівалентів CO<sub>2</sub>

Інтенсивна економічна діяльність людини і надмірне споживання природних ресурсів негативно впливають на стан кліматичної системи нашої планети.

Дані метеорологічних спостережень свідчать про те, що за останні 100 років середня температура поверхні Землі виросла на 0,8 °C, причому темпи її зростання поступово збільшуються. За прогнозами вчених – в найближчі 20 років зростання температури складе в середньому 0,2 °C за десятиріччя.

Причиною цього є зростаюча концентрація в атмосфері парникових газів, що затримують інфрачервоне випромінювання Землі (парниковий ефект). За оцінками вчених за останні 50 років вміст вуглецевого газу в атмосфері вже зросла на третину від його первинної величини і коливається в межах (0,0393...0,0397) %. З'явилися і нові, що раніше не існували, речовини з парниковим спектром поглинання – перш за все це фторвуглеці.

Серед найбільш очевидних та відчутних наслідків зміни клімату, які частково проявляються вже сьогодні, можна виділити такі:

- танення льодовиків; товща Гімалайських льодів тоне зі швидкістю 10-15 м в рік. При нинішній швидкості цих процесів дві третини льодовиків Китаю зникнуть до 2060 р., а до 2100 року всі льодовики розтануть остаточно.
- підвищення рівня світового океану, затоплення узбережних територій, посилення ерозії берегової лінії.
- збільшення частоти і сили екстремальних природних явищ (землетруси, урагани, цунамі тощо).
- клімат на планеті став більш вологим. Але кількість опадів не розповсюджується по Землі рівномірно.

Слід зазначити, що під час зміни клімату може зникнути (30...40) % видів рослин і тварин, оскільки їх середовище буде змінюватиметься швидше, ніж вони можуть пристосуватися до цих змін.

Найсерйознішого удару може бути завдано найбіднішим країнам, якнайменше всього готовим пристосуватися до змін клімату. За даними експертів, до 2080 р. число людей, що стикаються із загрозою голоду, може збільшитися на 600 млн. чол., що удвічі більше числа людей, які сьогодні живуть в бідності в Африці.

Усвідомлюючи глобальний характер проблеми зміни клімату й розуміючи важливість прийняття спільних дій в її вирішенні, міжнародним співтовариством, у грудні 1997 року, на додаток до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, був прийнятий у м. Кіото (Японія) міжнародний документ, що зобов'язує держави, які його ратифікували, скоротити або стабілізувати викиди парникових газів (ПГ) в атмосферу в порівнянні з рівнем 1990 року – Кіотський протокол (набрав чинності 16 лютого 2005 року) [31].

Сьогодні сумарні викиди шкідливих речовин в Донецькій області складають більше 34 % обсягу таких викидів в атмосферне повітря України – у 2013 році викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел становили 1447,9 тис. т. У структурі забруднюючих речовин метан, після сірки діоксиду, займає друге місце (383,4 тис. т, або 26,5 %). Поряд з метаном, до парникових газів відносяться азоту (I) оксиди, викиди яких складають 81,4 тис. т, або 5,6 % обласного обсягу всіх забруднюючих атмосферу речовин [37].

Крім 1,4 млн. т забруднюючих повітряний басейн речовин, стаціонарними джерелами Донецької області викинуто в атмосферу 60,688 млн. т вуглецю діоксиду, що склало 30,4 % річного його обсягу в Україні.

Тому на території Донецької області є хороша перспектива впровадження гнучких механізмів Кіотського протоколу, а саме проектів спільного впровадження.

Більшість проектів спільного впровадження в Донецькій області відносяться до сектору Шахти/видобуток мінеральної сировини (52 % від всіх проектів області). Серед них найпотужніший в Європі проект – Утилізація шахтного метану на шахті ім. О. Ф. Засядька. Даний проект передбачає



утилізацію шахтного метану з метою генерації тепла та електроенергії, а також виробництва газу для використання в якості палива для автомобільного транспорту. Схвалення проекту дозволило шахті ім. О. Ф. Засядька отримати за рахунок продажу квот поетапно до 2012 року 60 млн. євро. Скорочення викидів становить 411273 т CO<sub>2</sub>-екв. [8].

Відомо, що викиди парникових газів України в 2019 році склали 374,64 млн. т парникових газів з урахуванням сектора ЗЗЗЛГ (землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство). Найбільша частка викидів парникових газів припадає на вуглецю діоксид – 74,46 % з урахуванням ЗЗЗЛГ. Понад 95 % викидів вуглецю діоксиду пов'язане з використанням викопних палив у процесах спалювання або в технологічних процесах.

Частка метану в сумарному обсязі викидів становить 16,97 % (63,58 млн. т в CO<sub>2</sub>-екв.). Найбільші викиди метану в енергетичному секторі (66,16 %) походять з вугільних шахт, а також при видобутку, транспортуванні, зберіганні, розподілі та споживанні нафти і природного газу. В сільському господарстві основним джерелом викидів метану є кишкова ферментація худоби (16,45 %).

Викиди азоту (I) оксиду в Україні – 36 млн. т в CO<sub>2</sub>-екв. Домінуючим джерелом викидів азоту (I) оксиду в Україні є сільськогосподарські ґрунти (69,26 % від загальних викидів азоту (I) оксиду) [32].

Щоб уникнути негативних наслідків зміни клімату, Україні необхідно вживати заходи щодо стабілізації викидів парникових газів, а саме впровадження проектів спільного впровадження за такими напрямками, як реконструкція комунальних систем теплопостачання, впровадження альтернативних джерел енергії, утилізація шахтного метану, лісонасадження, тощо.

Скорочення викидів вуглецю діоксиду з 2008 року становлять 560836 т CO<sub>2</sub>-екв., а також спостерігається зниження обсягів спалювання дизельного палива в процесі обробки угідь до 60 % [39].

Разом з тим, у Кіотського протоколу є дві сторони медалі. З одного боку, громадськість говорить про те, що він марний, з іншого боку – механізми протоколу впливають на зниження викидів парникових газів.

Позитивні моменти Кіотського протоколу засновані на тому, що він є процес комплексного міжнародного вивчення змін земного клімату. І результати цього комплексного дослідження на сьогоднішній момент говорять про те, що потепління розвивається і вина людини в цьому теж є. Нехай не антропогенна діяльність його спровокувала, проте завдяки їй, температура на планеті зростає швидше, ніж варто було б.

Недоліком Кіотського протоколу є те, що промисловий розвиток багатьох країн-учасниць різко загальмувався, і, відповідно, викиди парникових газів в них значно зменшилися. А інші країни, зокрема, Індія і Китай, навпаки, збільшили кількість викидів парникових газів в десятки, а то й сотні разів. Тобто, вийшло, що до моменту початку дії Кіотського протоколу учасниками угод стали зовсім не ті держави, яким дійсно потрібно було обмежувати викиди парникових газів.

У 2014 р. в Лімі (Перу) пройшла 20-та конференція учасників Рамкової конвенції ООН про зміну клімату. Проект документа, вироблений на конференції, стане основою для переговорів, які підготують наступну конференцію в грудні 2015 р. в Парижі. Саме там має бути досягнуто і підписано світовими лідерами нову глобальну угоду, яка в 2020 році прийде на зміну Кіотському протоколу. Вперше в історії боротьби зі зміною клімату усі 196 країн ООН повідомили про готовність взяти на себе конкретні зобов'язання щодо скорочення викидів парникових газів.

Впровадження заходів з підвищення енергоефективності у кінцевого споживача енергоресурсів безпосередньо впливає на кількість викидів від джерела енергопостачання. Розрахована економія отриманої енергії, первинної енергії та пов'язане з цим зменшення CO<sub>2</sub> емісії приведені в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Рівень автоматизації внутрішніх інженерних систем

Заходи	Річні збереження, кВт · год	Коефіцієнт вироблення CO <sub>2</sub> , кВт · год	Всього CO <sub>2</sub> тонн
Утеплення фасаду будинку	91202,5	0,28	25,26
Заміна старих вікон в	65430	0,28	18,12
Утеплення покрівлі	65655	0,28	18,19
Всього	222298	-	61,57

За європейськими нормами EN 15603-2 виробництво однієї кВт·год в газових котлах приводить до викиду 0,277 кг CO<sub>2</sub> еквівалентів, а вироблена на різних типах електростанцій кВт·год 0,617 кг відповідно.

### 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

В дипломному проєкті розглядається підвищення енергоефективності теплопостачання районної лікарні в м. Селидове. Для цього розглядаються наступні варіанти:

- модернізувати централізовану систему теплопостачання, при цьому необхідно врахувати витрати на капітальний ремонт і пристрій вузла обліку тепла;

- встановити дахові котельні 01, 03, 04 і вбудовану теплогенераторную 02. Характеристика об'єкта теплопостачання представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристика об'єкта теплопостачання

Найменування	Показник			
	К 01	Т 02	К 03	К 04
Розрахункова зовнішня температура повітря, °С	-22			
Тривалість опалювального сезону, доба	174			
Річна витрата тепла :				
на опалення, Гкал	259,04	160,1	378,8	260,9
на ГВП, Гкал	-	-	-	424,4
Розрахункова внутрішня температура приміщень, °С	+16; +18	+10; +18	+18; +22	+16; +18

Варіанти джерела теплопостачання.

Варіант № 1 - джерело централізованого теплопостачання - міські теплові мережі.

Система опалення існуюча роздільна, двотрубна, закрита (з примусовою циркуляцією теплоносія), із сталевих труб з чавунними секційними і сталевими панельними радіаторами опалення.

Варіант № 2 - автономне, від модульних газових котелень 01, 03, 04 і вбудованої теплогенераторної 02, які розташовані в безпосередній близькості від об'єкта теплопостачання, що значно скорочує витрати на пристрій теплових мереж і втрату в них тепла:

1. Від дахової котельні 01 -ТМКУ-240 (адміністративний корпус і клуб) з двома модулями нагріву МН-120 потужністю по 120 кВт кожен при ККД - 90 %, виробництва СП "Укрінтерм", м. Біла Церква.

Модулі працюють на природному газі. Потужність існуючої системи 240 кВт.

2. Від вбудованої теплогенераторної 02 (господарський блок і гаражі) з двома модулями нагріву МН-80эко потужністю по 80 кВт кожен при ККД - 92 %, виробництва СП "Укрінтерм", м. Біла Церква.

Модулі працюють на природному газі. Потужність існуючої системи 160 кВт.

3. Від дахової котельні 03 - ТМКУ-360 (навчальний корпус, спортзал і МСЧ) з трьома модулями нагріву МН-120 потужністю по 120 кВт кожен при ККД-90 %, виробництва СП "Укрінтерм", м. Біла Церква.

Модулі працюють на природному газі. Потужність існуючої системи 360 кВт.

4. Від дахової котельні 04-ТМКУ-600 (спальний корпус і їдальня) з п'ятьма модулями нагріву МН-120 потужністю по 120 кВт кожен при ККД - 90 %, виробництва СП "Укрінтерм", м. Біла Церква.

Модулі працюють на природному газі. Потужність існуючої системи 600 кВт.

Застосування газової автоматики забезпечує надійну і безвідмовну роботу модулів нагрівання без постійної присутності персоналу. Якість згоряння відповідає екологічним нормам. Модулі нагріву працюють в автоматичному режимі і забезпечують задану температуру повітря в приміщеннях, в залежності від температури зовнішнього повітря.

Система опалення існуюча роздільна, двотрубна, закрита (з примусовою циркуляцією теплоносія), із сталевих труб з реєстрами з гладких труб і сталевими панельними радіаторами опалення.

Визначення точної кількості спожитої теплової енергії дозволяє не переплачувати за опалення, що особливо актуально в зв'язку з тарифами на теплопостачання, прийнятим в Україні. Для вирішення цього завдання передбачено встановлення тепловичислительних лічильників, з комплектом додаткового обладнання. Так, монтаж вузлів обліку тепла передбачає обв'язку запірною арматурою, настройку режимів роботи лічильника, перевірку працездатності і точності вимірювань. В кожному окремому випадку, застосовуються різні типи лічильників, шафи управління, арматури – т. К. Кожен вузол обліку розробляється під ключ. Саме тому, вартість на різні виконання може суттєво відрізнятись.

Порівняльні капітальні витрати на устаткування, монтаж і налагодження систем опалення за двома варіантами зведені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Порівняльні капітальні витрати

Найменування показника	Вартість, грн	
	одиниці	загальна
1	2	3
<b>Варіант №1</b>		
Капремонт розвідних тепломереж, пм	320,00	83200,00
Тепловий вузол з управлінням	16500,00	33000,00
Монтаж теплового вузла	2150,00	4300,00
Вузол обліку тепла	20000,00	40000,00
Монтаж вузла обліку тепла	2500,00	5000,00
Регулятор теплового потоку	23180,00	46360,00
Випробування і налагодження системи опалення	-	14500,00
Всього		226360,00

Продовження таблиці 3.2

1	2	3
Варіант №2		
Монтаж системи газопостачання	120,00	54480,00
Вузол обліку газу та ШГРП	75250,00	75250,00
ТМКУ-240	308955,00	308955,00
ТМКУ-360	342390,00	342390,00
ТМКУ-600	414206,00	414206,00
Модуль нагріву	22752,23	45504,46
Модуль – регулятор температури	31784,72	31784,72
Конвектор газовий	2821,15	2821,15
Водопом'якшувальна установка	4256,00	4256,00
Компенсатор об'єму	4894,56	4894,56
Димоходи	-	2880,00
Газосигналізатор з електромагнітним клапаном	2132,14	2132,14
Випробування і налагодження системи газопостачання	-	14200,00
Проект теплопостачання	-	88500,00
Проект газопостачання	-	20000,00
Всього		1412253,80

Техніко-економічні показники проекту зведені в таблицю 3.3.

Показники наведені в таблицях 3.2 та 3.3 визначають витрати за варіантами джерела тепла:

1. Капітальні витрати на пристрій системи опалення:

- варіант № 1 - на капітальний ремонт існуючого централізованого теплопостачання - 226360,00 грн;

- варіант № 2 – проектуємі газові котельні - 1412253,80 грн;

2. Річна економія від впровадження заходів з енергозбереження:

- варіант № 1 – 846731 грн:

1) вартість централізованого теплопостачання =732164 грн;

2) абонплата за централізоване теплопостачання = 114567 грн;

- варіант № 2 - 456271,2 грн:

1) газ  $204,263 \text{ тис. нм}^3/\text{рік} \cdot 1971,95 = 402796,88$  грн;

2) вода  $3670 \text{ м}^3 \cdot 3,40 = 12478$  грн;

3) електроенергія  $61280 \cdot 0,669 = 40996,32$  грн.

Всього річна економія від впровадження заходів з енергозбереження складатиме

$$\mathcal{E}_2 = Z_1 - Z_2,$$

де  $Z_1$  – Витрати на оплату тепла при централізованому теплопостачанні, грн.;

$Z_2$  – Витрати на оплату тепла при автономному децентралізованому теплопостачанні, грн.

$$\mathcal{E}_2 = 846731 - 456271,2 = 390459,8 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначаємо за формулою

$$T_{ок} = K / \mathcal{E}_2,$$

де  $K$  – капітальні витрати, грн.

$$T_{ок} = 1412253,80 / 390459,8 = 3,62 \text{ роки.}$$



Таблиця 3.3 - Техніко-економічні показники

Найменування показника	Варіант №1 (від центр. котельной)	Варіант №2 (від газових котелень, що проектуються)			
		К 01	Т 02	К 03	К 04
1	2	3	4	5	6
Розрахункова продуктивність котельні (з урахуванням власних потреб котельні і теплових втрат в ній), Гкал/год	-	0,188	0,116	0,275	0,448
Встановлена продуктивність котельні, Гкал/год	-	0,206	0,138	0,31	0,517
Річна вироблення тепла, Гкал	-	265,6	160,69	383,55	689,01
Річний відпуск тепла споживачам, Гкал	1492,156	259,04	160,12	378,84	685,37
Річне число годин використання встановленої продуктивності, год	4176	4176			
Річна витрата палива:					
натурального, тис.т (млн.н.м <sup>3</sup> )	-	0,0357542	0,0216204	0,0522897	0,09459893
умовного, тис. Т.У.П.	-	0,0415	0,022508	0,0606	0,1097
Встановлена потужність струмоприймачів,кВт	-	5,5	3,68	6,0	6,5
Річне споживання електроенергії, тис.кВт·год	-	16,077	10,757	17,539	19,00

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
Річна витрата води, м <sup>3</sup>	-	4,03	2,44	5,9	4,07+3674,04 (ГВП)
Загальна кошторисна вартість реконструкції котельної, тис.грн.	-	1412,253			
Річні експлуатаційні витрати, тис.грн.	732,164	53,359			
Питомі показники на 1 Гкал/год встановленої продуктивності: - Капітальні витрати, тис.грн/Гкал/год - потужність струмоприймачів, кВт/Гкал/год - численість персоналу, чол./Гкал/год	-	1206,023 18,514 3,416			
Питома витрата умовного палива на 1 Гкал відпущеного тепла, Т.У.Т./Гкал/год	-	0,16	0,157	0,16	0,16
Собівартість 1 Гкал відпущеного тепла, грн., у тому числі паливна складова, грн	-	271,76	266,26	271,71	272,18
Приведені витрати на 1 Гкал відпущеного тепла, грн	396,11	309,17			

## ВИСНОВОК

Реконструкція джерела теплопостачання – водогрійної котельні, при умові незмінності принципової схеми, передбачає комплексну розробку та вибір основного та допоміжного обладнання. В спецрозділі дипломної роботи було виконано варіативні розрахунки основної складової частини котельної – водогрійного котла. Для аналізу необхідності заміни котлоагрегатів було визначено основні параметри роботи котельні в основних режимах роботи для двох котлоагрегатів:

- існуючий варіант – водогрійний котлоагрегат КВа 2.0;
- альтернативний варіант – модульна котельня виробництва СП "Укрінтерм", м. Біла Церква.

В роботі було проведено енергетичне обстеження будівлі районної лікарні в м. Селидове.

Розрахунки показали, що будівля відноситься до класу енергоефективності F, згідно з ДБН В.2.6-31:2016.

Для підвищення енергоефективності споруди рекомендовано такі заходи:

- стінові конструкції утеплити мінераловатним утеплювачем товщиною 100 мм (Система скріпленої теплоізоляції);
- цоколь утеплити мінераловатним утеплювачем товщиною 100 мм на глибину промерзання ґрунту (400...500) мм.
- утеплити дах і горище.

Заходи з підвищення енергоефективності інженерних систем будівлі:

- встановлення терморегуляторів;
- встановлення модернізованих автоматичних балансувальних клапанів на стояках з функціями обмеження максимальної витрати теплоносія і обмеження температури теплоносія на виході зі стояків;
- заміна радіаторів на нові алюмінієві, сталеві, або біметалеві;

- встановлення пінофолових тепло-відбиваючих екранів за кожним нагрівальним приладом;

Після впровадження рекомендованих заходів будівля буде мати клас енергоефективності - В (згідно ДСТУ-Н Б А.2.2- 5:2007).

Викиди в атмосферу зменшаться на 61,57 тонни, згідно Європейської норми EN 15603-2 за Кіотським протоколом.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Кузнецов, Н.В. Тепловий розрахунок котельних агрегатів: Нормативний метод [Текст] / Н.В. Кузнецов. – М.: Енергія, 1973. – 296 с.
2. Безгрешнов, А. Н. Розрахунок парових котлів у прикладах і задачах. Уч. посібник для вузів [Текст] / А.Н. Безгрешнов, Ю.М. Липів, Б.М. Шлейфер. – М.: Вища школа, 1991. – 240 с.
3. Кузнецов, Н.В. Тепловой расчет котельных установок. Нормативный метод [Текст] / Н.В. Кузнецов. - М: Энергия, 1973. – 324 с.
4. Мочан, С.И. Аэродинамический расчет котельных установок [Текст] / С.И. Мочан. - Л: Энергия, 1977. – 255 с.
5. Липов, Ю.М. Компоновка и тепловой расчет парогенератора [Текст] / Ю.М. Липов. – М: Энергия, 1975. – 266 с.
6. Частухин, В.И. Тепловой расчет промышленных парогенераторов [Текст] / В.И. Частухин.– К: Вища школа, 1980. – 184 с.
7. Макаров, В.Н. Методика поверочного теплового расчета парогенератора [Текст] / В.Н. Макаров.– М: МЭИ, 1976. – 52 с.
8. Балдіна, О.М. Гідравлічний розрахунок котельних агрегатів: Нормативний метод [Текст] / О.М. Балдіна, В.А. Локшина, Д.Ф. Петерсон. – М.: Енергія, 1978. – 256 с.
9. Pavlenko, Anatoliy. Thermal conductivity calculation method: porous structures. Journal of New Technologies in Environmental Science, 2019, p.3-7.
10. Бобровський, Р.С. Котельні установки малої потужності [Текст] / Р.С. Бобровський. – М.: Машгіз, 1961. – 331 с.
11. Нечаєв, Р.К. Автоматика і автоматизація виробничих процесів [Текст] / Р.К. Нечаєв. – К.: Вища школа, 1985. – 279 с.
12. Староверов, К.В. Справочник проектировщика [Текст] / К.В. Староверов. - М.: Стройиздат, 1976. – 120 с.

13. Николаев, А.А. Справочник проектировщика. Проектирование топок и печей [Текст] / А.А. Николаев. - М.: Стройиздат, 1965. – 236 с.
14. Файерштейн, Л.М. Довідник з автоматизації котелень [Текст] / Л.М. Файерштейн, Л.С. Этинген, Р.Р. Гохбойн. – М.: Вища школа, 1985. – 296 с.
15. Бузников, Е.Ф. Виробничі та опалювальні котельні [Текст] / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис. – М.: Вища школа, 1984. – 248 с.
16. Староверов, К.В. Справочник проектировщика [Текст] / К.В. Староверов. - М.: Стройиздат, 1976. – 120 с.
17. Николаев, А.А. Справочник проектировщика. Проектирование топок и печей [Текст] / А.А. Николаев. - М.: Стройиздат, 1965. – 236 с.
18. Денисенко, Р.Ф. Охорона праці: Уч. посібник для інж.- екон. спец. Вузів [Текст] / Р.Ф. Денисенко. – М.: Вища школа, 1985. – 248 с.
19. Гаджієв, Р.В. Охорона праці в тепловому господарстві промислових підприємств: Уч. посібник для технікумів [Текст] / Р.В. Гаджієв, А.А. Вороніна. – М.: Енергія, 1980. – 224 с.
20. Оніщенко, Н.С. Охорона праці при експлуатації котельних установок [Текст] / Н.С. Оніщенко. – М.: Енергія, 1992. – 350 с.
21. ДНАОП 0.00-1-08.-94. Правила будови і безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів [Текст] – К: Стройиздат, 1995 – 12 с.
22. Прузнер, С.С. Правила пристрої і безпечної експлуатації судин, працюючих під тиском [Текст] / С.С. Прузнер. – М.: Металургія, 1971. – 45 с.
23. Нормативи чисельності робітників, що обслуговують парокотельные установки промислових підприємств [Текст] – М: Економіка, 1988 – 26 с.
24. Златопольський, Е.В. Економіка, організація і планування теплового господарства промислових підприємств: Підручник для технікумів [Текст] / Е. В. Златопольський. – М.: Енергія, 1979. – 376 с.

25. Plechec, L. Tepelny vypocet plynuteho vinuti transformatoru s prirodzenym obehem obeje [Text] / L. Plechec // Electrotechnic obz. , 1972, №1 - P.5-10.
26. Petras, V. Teplotne pole olejoveha transformatora so zvitkovym vinutim [Text] / V. Petras, L. Kriho, T. Fiedler // Transformatory.- 1984.- №2.- P. 7-13.
27. Guerra, F. Primeira abordagem a utilizacáo de modelos reduzidos para a determinacao experimental do campo termico de transformadores arrefecidos por conveccáo natural [Text] / Franklin Guerra, Isaac Moreira // Electricidade.- 1987.- № 233.- P. 141-145.
28. Pivnek, M. Vyzkum tepelnych zavislosti na modelech vinuti transformatoru [Text] / M. Pivnek, K.Havlichek // Electrotechn. obz. — 1974. — №4. — pp. 175-181.
29. Die Darstellung das Wärmeüberganskoeffiyienten im transformator mit Kriteriellen Potenzfunktion [Text] / H. Lobenstein // Elektric. — 1979. — №4. — pp. 218-220.
30. Вукалович, М.П. Теплофизические свойства воды и водяного пара [Текст] / М.П. Вукалович. - М.: Машиностроение, 1967. - 160 с.
31. Дубковский, В.А. Рациональные процессы, циклы и схемы энергоустановок [Текст] / В.А. Дубковский.- Одесса: Наука и техника, 2003. - 224 с.
32. Ривкин, С.Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара [Текст] / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – М.: Энергия, 1980. – 424 с.
33. ДСТУ Б В.2.5-38; 2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування захисту від блискавок будівель і споруд».
34. Вовк Ю. Організаційно-економічний механізм управління раціональним використанням ресурсів / Ю. Вовк // Соціально-економічні проблеми і держава. – 2011.

35. Волошко А. В. Проблеми вибору оптимальної математичної моделі енергоспоживання на промислових підприємствах / А.В. Волошко, Я. С. Бедерак, Т. М. Лутчин / ВЕЖПТ. – 2013. – №8(65). – С. 19–23.

36. Галузева програма з енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 року . – К. : Мінпромполітики України. – 2009. – 123 с.

37. Джеджула В. В. Енергозбереження в системі управління розвитком промислових підприємств / В. В. Джеджула // Вісн. Хмельниц. нац. університету. Економічні науки. – 2012. – № 2. – Т. 2. – С. 88–92.

38. Крючков Є.М. Проектування систем теплопостачання. Навчально-методичний посібник. / Є.М. Крючков. – Запоріжжя: ЗДІА, – 2010. - 303с.

39. ДСТУ 4065-2001. Державний стандарт України. Енергосбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги.

40. ДСТУ ISO50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанови щодо їх проведення.

41. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Розділ «Енергоефективність» в складі проектної документації ДБН В.3.2-2-2009 Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт

42. ДБН В.2.2-15-2005 Житлові будинки. Основні положення. Зміна №1

43. ДБН В.2.6.-33:2008 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування та експлуатації.