МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М.ПОТЕБНІ
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз заходів підвищення енергетичної ефективності багатоквартирної житлової будівлі ОСББ «Ла Скала» в м. Запоріжжя

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1924-мбг
спеціальності Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Міське будівництво та господарство
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Грушовець Олег Олегович
(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доцент Ільїн С.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)
Рецензент проф, д.т.н. Банах В.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра міського будівництва та архітектури
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Міське будівництво та господарство
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри А.В. Банах
«01» 06 2025 року

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

Грушовець Олег Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз заходів підвищення енергетичної ефективності багатоквартирної житлової будівлі ОСББ «Ла Скала» в м. Запоріжжя
керівник роботи Ільїн Сергій Віталійович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «19» 09 2025 року № 1303-с

2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2025 р.

3 Вихідні дані до роботи м. Запоріжжя, периметр будівлі складає 148,5 метрів. Кількість поверхів – 16. Висота будівлі складає 45,4 метр. Площа забудови – 1935 м^2. Зовнішні стіни з силікатної цегли товщиною 510 мм.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розроблення заходів з підвищення енергоефективності об'єктів, Визначення енергетичної ефективності будівлі, Умови експлуатації системи опалення, Принципова дія системи опалення, що рекомендована до експлуатації, Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Графік температури теплоносія в подаючому та зворотному трубопроводі, огороджуючі конструкції будівлі

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Ільїн С.В.		
2	Ільїн С.В.		
3	Ільїн С.В.		

7 Дата видачі завдання 05 травня 2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пошук матеріалів для дипломної роботи	05.05.2025	виконано
2	Написання роботи	01.08.2025	виконано
3	**Охорона праці**	05.11.2025	виконано
4	**Оформлення пояснювальної записки**	01.12.2025	виконано
5	**Підготовка презентації**	10.12.2025	виконано

Студент _____ О.О. Грушовець
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ С.В. Ільїн
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ І.В. Гребенюк
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

О.О. Грушовець. Аналіз заходів підвищення енергетичної ефективності багатоквартирної житлової будівлі ОСББ «Ла Скала» в м. Запоріжжя

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник к.т.н., доцент Ільїн С.В. Запорізький національний університет. Кафедра міського будівництва та архітектури, 2025.

В роботі розглянуто питання підвищення енергетичної ефективності будівлі. Запропоновано перелік заходів для зниження використання енергетичних ресурсів.

Ключові слова: енергоаудит, підвищення енергетичної ефективності будівлі, огороджуючі конструкції, інженерні мережі.

ABSTRACT

O.O. Hrushovets. Analysis of measures to improve the energy efficiency of a multi-apartment residential building of the “La Scala” condominium in the city of Zaporizhia

Qualifying final work for obtaining a master's degree in specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific supervisor Ph.D., Associate Professor Ilyin S.V. Zaporizhia National University. Department of Urban Construction and Architecture, 2025.

The work considers the issue of increasing the energy efficiency of abuilding. A list of measures is proposed to reduce the use of energy resources.

Keywords: energy audit, increasing the energy efficiency of a building, enclosing structures, engineering networks.

ЗМІСТ

ВСТУП.....**Помилка! Закладку не визначено.**
1 ПОТРЕБА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧОЇ ЗАБУДОВИ В УКРАЇНІ .....**Помилка! Закладку не визначено.**
1.1 Європейські вимоги до об’єктів щодо енергоефективності.....**Помилка! Закладку не визначено.**
1.2 Методологія енергоаудиту.....**Помилка! Закладку не визначено.**
1.3 Розроблення заходів з підвищення енергоефективності об’єктів**Помилка! Закладку не визначено.**
2. АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ ПЕРШОГО КОРПУСУ МИКОЛАЇВСЬКОЇ БАГАТОПРОФІЛЬНОЇ ЛІКАРНІ ІНТЕНСИВНОГО ЛІКУВАННЯ 21
2.1 Загальна інформація про об’єкт.....**Помилка! Закладку не визначено.**
2.2 Визначення енергетичної ефективності будівлі ..**Помилка! Закладку не визначено.**
2.3 Умови експлуатації системи опалення**Помилка! Закладку не визначено.**
2.5 Принципова дія системи опалення, що рекомендована до експлуатації .....**Помилка! Закладку не визначено.**
3 ОХОРОНА ПРАЦІ 64
3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів..... 64
3.2 Заходи з поліпшення умов праці .....**Помилка! Закладку не визначено.**
3.3 Виробнича санітарія.....**Помилка! Закладку не визначено.**
3.4 Електробезпека.....**Помилка! Закладку не визначено.**
3.5 Пожежна безпека.....**Помилка! Закладку не визначено.**
3.6 Розрахунок ізоляції котла.....**Помилка! Закладку не визначено.**
ВИСНОВКИ.....**Помилка! Закладку не визначено.**
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ..... 79

ВСТУП

Актуальність роботи. Актуальність обраної теми зумовлена зростанням вартості енергоресурсів, високим рівнем зношеності житлового фонду України та необхідністю зменшення енергетичної залежності країни. Багатоквартирні житлові будинки, збудовані за застарілими нормами, мають значні тепловтрати, що призводить до перевитрат енергії та фінансового навантаження на мешканців. У цьому контексті ОСББ відіграють ключову роль у впровадженні заходів енергоефективності на локальному рівні.

У ході роботи було проведено аналіз конструктивних елементів будівлі, системи опалення та стану огороджувальних конструкцій. Встановлено, що основні тепловтрати відбуваються через зовнішні стіни, віконні та дверні блоки, а також унаслідок недостатньої автоматизації системи теплопостачання.

Метою дипломної роботи є аналіз існуючого стану енергоспоживання багатоквартирної житлової будівлі ОСББ «Ла Скала» та обґрунтування комплексу заходів щодо підвищення її енергетичної ефективності.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі *основні завдання:*

— проаналізувати теоретичні засади енергозбереження та енергоефективності житлових будівель;

— дослідити технічні характеристики будівлі ОСББ «Ла Скала»;

— оцінити поточний рівень енергоспоживання та основні джерела тепловтрат;

— розробити та проаналізувати заходи з підвищення енергоефективності;

— визначити їх економічну доцільність та очікуваний ефект.

Об'єкт дослідження – багатоквартирна житлова будівля ОСББ «Ла Скала» в місті Запоріжжя.

Предметом дослідження є заходи та технічні рішення з підвищення енергетичної ефективності будівлі.

Методи дослідження. .Використовувався обчислювальний підхід дослідження на основі результатів досліджень та оперативних даних.

Особисті внески набувача. Теоретичні дослідження проводилися безпосередньо автором спільно зі співробітниками Запорізького державного університету.

Обсяг і структура роботи. Робота складається зі вступу, 3 розділів, загальних висновків і списку джерел.

1 ПОТРЕБА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧОЇ ЗАБУДОВИ В УКРАЇНІ

Сучасний розвиток світової економіки характеризується постійним зростанням обсягів споживання енергоресурсів, поступовим вичерпанням традиційних видів палива, насамперед нафти та природного газу, а також дисбалансом між внутрішнім попитом і пропозицією енергоносіїв у багатьох країнах. Це, у свою чергу, призводить до загострення конкуренції на світовому енергетичному ринку.

У період активного розвитку світової економіки та житлово-побутового сектору споживання енергії зростало майже безперервно. На початку XXI століття відбулося суттєве збільшення обсягів енергоспоживання в усіх регіонах світу — загальний показник виріс приблизно на 35 % у порівнянні з рівнем 1995 року за десятирічний період [1].

Розширення світового енергетичного потенціалу супроводжується глибокими структурними змінами у паливно-енергетичному балансі та трансформацією ролі окремих джерел енергії. Якщо на початку XX століття структура енергоспоживання була майже однорідною і близько 96 % припадало на вугілля та інші тверді види палива, то згодом, унаслідок скорочення використання вугілля та активного залучення нафти, природного газу й електроенергії, енергетичний баланс став значно більш диференційованим.

До основних, або класичних, джерел енергії належать нафта, природний газ, вугілля та первинна електроенергія, що виробляється на гідро- та атомних електростанціях. Поряд із ними використовуються допоміжні енергоносії — торф, дрова, біопаливо, сонячна енергія та інші альтернативні джерела, частка яких у загальному енергетичному балансі зазвичай не перевищує 5–10 %.

Сучасна світова енергетична система характеризується високим рівнем інтеграції, що проявляється у зростанні залежності кінцевих споживачів від імпортованих енергоресурсів. У зв’язку з цим енергоефективність та

енергозбереження стали одними з ключових пріоритетів соціально-економічного розвитку на глобальному, національному та регіональному рівнях.

Реалізація ефективної державної політики у сфері енергоефективності може істотно сприяти розв'язанню низки актуальних проблем. На глобальному рівні це стосується обмеженості запасів паливно-енергетичних ресурсів, зменшення негативного впливу енергетики на довкілля та уповільнення кліматичних змін. На національному рівні — це забезпечення енергетичної безпеки, зменшення залежності від імпорту енергоносіїв та підвищення конкурентоспроможності економіки. У регіональному вимірі такі заходи сприяють соціально-економічному розвитку та сталому зростанню територій.

Після нафтової кризи 1970-х років, коли ціни на нафту зросли в кілька разів у надзвичайно короткий період, провідні країни світу усвідомили необхідність активного впровадження політики енергозбереження та підвищення енергоефективності. Саме з цього часу в більшості розвинених держав розпочалася реалізація довгострокових програм з раціонального використання енергоресурсів.

У перспективі конкуренція за доступ до енергетичних ресурсів лише посилюватиметься, оскільки їх запаси є обмеженими та нерівномірно розподіленими у світі. Така ситуація створює потенційну загрозу міжнародних конфліктів, зокрема і збройних. Водночас очікується, що в майбутньому зростання енергоспоживання у багатьох країнах буде відставати від темпів зростання валового внутрішнього продукту завдяки впровадженню енергоощадних технологій. Нині основний приріст світового енергоспоживання на душу населення зумовлений швидким економічним розвитком країн Латинської Америки, Східної та Південно-Східної Азії. За прогнозами, протягом наступних 20 років близько 70% приросту споживання енергії припадатиме на країни, що розвиваються, що може призвести до подальшого загострення глобальних енергетичних проблем.

Системи теплопостачання призначені для забезпечення тепловою енергією великих житлових масивів, міст, селищ та промислових об'єктів. Основними джерелами тепла в таких системах виступають теплоелектроцентралі або потужні котельні установки з високим коефіцієнтом корисної дії. Передача та розподіл

теплоносія здійснюється через теплові мережі довжиною до 10–15 км з максимальним діаметром трубопроводів 1000–1400 мм, що дозволяє забезпечувати споживачів необхідною кількістю тепла з заданими параметрами. Потужність теплоелектроцентралей становить 1000–3000 МВт, а котелень — 100–500 МВт. Великі централізовані системи опалення, як правило, включають декілька джерел тепла, з'єднаних резервними тепловими магістралями, що підвищує надійність і гнучкість їх експлуатації. До централізованих систем теплопостачання також належать системи опалення будівель, які працюють в єдиному гідравлічному та тепловому режимі та керуються централізовано. Водночас через значну різноманітність технічних рішень опалення будівель зазвичай виділяють у самостійну інженерну систему — систему опалення.

Централізовані системи опалення можуть бути водяними або паровими. Основною перевагою використання води як теплоносія є суттєво менші енергетичні витрати на транспортування одиниці тепла порівняно з парою, що зумовлено вищою щільністю води. Це дозволяє передавати тепло на значні відстані з мінімальними втратами енергетичного потенціалу. У великих теплових мережах зниження температури води становить у середньому близько 1 °С на кожен кілометр, тоді як тиск пари на аналогічній відстані зменшується на 0,1–0,15 МПа, що відповідає зниженню температури на 5–10 °С. У зв'язку з цим тиск пари на виходах турбін у водяних системах є нижчим, ніж у парових, що сприяє скороченню витрат палива на теплових електростанціях. Додатковими перевагами водяних систем є можливість централізованого регулювання теплоподачі шляхом зміни температури теплоносія, а також відносна простота експлуатації.

Парові системи характеризуються здатністю забезпечувати як опалювальні, так і технологічні потреби споживачів, а також відрізняються низьким гідростатичним тиском. З урахуванням технічних особливостей теплоносіїв, водяні системи переважно застосовуються для теплопостачання житлових будинків, громадських об'єктів та підприємств, що використовують гарячу воду, тоді як парові системи використовуються для промислових споживачів, які потребують пари. Рівень централізації міського теплопостачання становить 70–80%, а у

великих містах частка теплоелектроцентралей як джерел тепла для житлово-комунального господарства сягає 50–60%.

У системах теплопостачання високопараметрична пара з тиском близько 2,4 МПа та температурою до 565 °С, що утворюється в котлах, надходить у турбіни, де, проходячи через їхні лопатки, частково перетворює теплову енергію в електричну. Основна маса пари відбирається через відбірні пристрої та подається до теплообмінників, у яких здійснюється нагрів теплоносія системи теплопостачання. Таким чином, на теплоелектроцентралях теплота високого потенціалу використовується для виробництва електроенергії, а теплота низького потенціалу — для опалення. Комбіноване виробництво теплової та електричної енергії забезпечує високу паливну ефективність і суттєве зменшення витрат палива.

У більшості централізованих систем опалення максимальна температура гарячої води не перевищує 150 °С, а температура пари на виході з підігрівачів турбін становить до 127 °С. За умов низьких температур зовнішнього повітря цього часто недостатньо для забезпечення необхідного рівня нагріву, тому застосовуються пікові котли, які вводяться в роботу лише під час максимальних теплових навантажень. Оскільки теплова потреба змінюється залежно від температури зовнішнього повітря, відповідно змінюється і кількість пари, що відбирається з турбіни для потреб теплопостачання. Невикористана пара проходить через циліндри низького тиску, віддає залишкову енергію та надходить у конденсатор, де підтримується глибоке розрідження з тиском 0,004–0,006 МПа, що відповідає температурі конденсації 30–35 °С. Охолоджувальна вода має ще нижчу температуру, проте не може бути використана для теплопостачання. У результаті лише частина пари використовується для теплопостачання, що знижує економічний ефект централізованих систем. Водночас сумарна економія палива при комбінованому виробництві електроенергії та тепла в середньому за рік перевищує одну третину. Значний економічний ефект також досягається за рахунок застосування великих районних котелень з високим ККД.

Теплоносій від джерел тепла подається споживачам розгалуженою системою теплових мереж, які охоплюють практично всю територію міста. Саме теплові мережі створюють найбільші труднощі під час експлуатації, оскільки зазнають корозійних ушкоджень і поступового руйнування. Аварії на тепломережах призводять до порушення теплопостачання, а також до значних соціальних і економічних втрат. У зв'язку з цим теплові мережі, будучи ключовим елементом централізованих систем, одночасно є їх найвразливішою ланкою, що обмежує подальше нарощування потужностей.

За способом організації гарячого водопостачання системи централізованого опалення поділяються на закриті та відкриті. У закритих системах вода циркулює виключно як теплоносій, передаючи теплову енергію на опалення, вентиляцію та підігрів води для господарських потреб. Вода для гарячого водопостачання надходить із міського водопроводу та нагрівається у теплообмінниках. Такі системи є герметичними й ізольованими від атмосферного повітря. Відкриті системи передбачають відбір гарячої води безпосередньо з теплової мережі, тому теплоносій використовується не лише для перенесення тепла, а й як споживча вода. У цьому випадку система є частково циркуляційною та частково прямоточною.

Для великих міст найбільш перспективним напрямом розвитку є подальша централізація теплопостачання. Такі системи характеризуються нижчим споживанням палива та позитивним екологічним ефектом. Скорочення кількості джерел тепла зменшує число димових труб і, відповідно, обсяг викидів у навколишнє середовище. Крім того, централізація спрощує організацію очищення димових газів і усуває необхідність зберігання та транспортування твердого палива для численних дрібних котелень.

Сучасні централізовані системи теплопостачання є складними інженерними комплексами, що включають джерела тепла, теплові мережі з насосними станціями, теплові пункти, абонентські вводи та автоматизовані системи керування. Для забезпечення їх надійної роботи застосовується ієрархічний принцип побудови, за якого вся система поділяється на кілька рівнів з різним функціональним призначенням.

Верхній рівень утворюють джерела тепла, наступний — магістральні теплові мережі з районними тепловими пунктами, а нижній — розподільні мережі та вводи споживачів. Джерела тепла забезпечують подачу теплоносія з необхідними параметрами, підтримують циркуляцію та відповідний тиск у системі, а також оснащуються установками для хімічного очищення та деаерації води. Магістральні мережі транспортують основні потоки теплоносія, а в районних теплових пунктах здійснюється його розподіл і підтримання автономних режимів роботи. Підключення окремих споживачів безпосередньо до магістральних мереж не допускається з метою збереження ієрархічної структури.

Для підвищення надійності роботи необхідно резервувати основні елементи верхнього рівня системи. Джерела тепла обладнуються резервними установками, а магістральні теплові мережі виконуються закільцьованими для забезпечення безперебійного теплопостачання в аварійних умовах. Нижній рівень, що включає розподільні мережі та вводи споживачів, зазвичай не резервується. Така ієрархічна організація забезпечує ефективне управління системами теплопостачання.

Котельні централізованого теплопостачання поділяються на районні, блочні, групові та котельні промислових підприємств. Районні котельні призначені для забезпечення теплом житлової забудови або промислових вузлів і входять до складу об’єднаних систем теплопостачання. Блочні та групові котельні обслуговують окремі квартали, групи будівель або громадські об’єкти з відносно невеликими тепловими навантаженнями. Котельні підприємств функціонують на промислових об’єктах і забезпечують теплом як власні виробничі потреби, так і житловий фонд або інші об’єкти відповідно до схем теплопостачання.

1.1 Європейські вимоги до об’єктів щодо енергоефективності

Європейський Союз застосовує комплексний підхід до формування нормативно-правової бази у сфері енергоефективності. Основними видами правових актів, що використовуються в ЄС, є:

регламенти, які є обов’язковими для виконання всіма країнами-членами;

директиви, що визначають обов’язкові цілі та результати, які мають бути імплементовані в національне законодавство;

рішення, які є обов’язковими лише для адресатів;

рекомендації та висновки, що мають декларативний характер і не є обов’язковими.

Одним із ключових документів ЄС у сфері енергоефективності є План дій з енергоефективності на 2007–2020 роки. Його основними цілями передбачено:

досягнення відносної економії енергії не менше 20 % шляхом підвищення енергоефективності;

забезпечення частки відновлюваних джерел енергії на рівні 20 % від загального енергоспоживання до 2020 року;

скорочення викидів парникових газів на 20 % порівняно з рівнем 1990 року;

підвищення енергоефективності житлово-комунального господарства на 20 %;

модернізація електроенергетики із зростанням її ефективності на 20 %;

досягнення 10 % рівня інтеграції транспортних систем електроенергії та газу до 2010 року.

У червні 2012 року була ухвалена Директива ЄС 2012/27/EU з енергоефективності, яка визначає загальні заходи для підвищення ефективності використання енергії. Документ передбачає:

1. Щорічну реконструкцію щонайменше 3 % загальної площі опалюваних будівель, що перебувають у користуванні органів державної влади.

2. Забезпечення зменшення загального енергоспоживання на 1,5 % щороку у період 2014–2020 років.

3. Обов’язкове проведення регулярних енергоаудитів для великих підприємств.

4. Підвищення ефективності систем опалення та кондиціювання.

5. Розроблення національних механізмів фінансування проєктів з енергоефективності.

6. Встановлення загальноєвропейських і національних цілей зі скорочення споживання енергії на 20 %.

Зазначені заходи спрямовані на формування ефективної системи економії енергоресурсів і мінімізацію негативного екологічного впливу енергетики.

Нормативні документи у сфері будівництва передбачають обов'язкове оснащення опалювальних приладів у системах опалення терморегулювальною арматурою, яка забезпечує автоматичне підтримання температурного режиму в приміщенні відповідно до налаштувань користувача. Використання таких пристроїв дає змогу знизити теплові витрати до 20%, зокрема завдяки врахуванню надходжень тепла від сонячної радіації, а також внутрішніх побутових і виробничих тепловиділень.

На практиці найбільшого поширення набули три різновиди водяних систем опалення: вертикальні однотрубні, вертикальні двотрубні та горизонтальні двотрубні системи. Усі зазначені типи активно застосовуються у сучасному будівельному проєктуванні. Аналіз результатів їх тривалої експлуатації у реальних умовах свідчить про те, що кожна система характеризується специфічним поєднанням переваг і недоліків, які проявляються залежно від конструктивних особливостей будівлі та режимів її використання.

Детальніше розглянемо зазначені типи систем водяного опалення.

Вертикальні однотрубні системи відносять до морально застарілих, оскільки вони не повністю відповідають сучасним вимогам до енергоефективності та регулювання теплових потоків. У зв'язку з цим їх проєктування доцільно обмежувати. Разом з тим, за стабільних умов експлуатації такі системи зберігають низку експлуатаційних переваг.

Ключовою перевагою однотрубної схеми є її підвищена надійність у порівнянні з двотрубними системами. Крім того, до позитивних характеристик слід віднести нижчу вартість реалізації, простоту конструкції, можливість стандартизації елементів та зручність монтажних робіт.

Водночас однотрубні системи мають і суттєві обмеження. Зокрема, у разі підвищення температури в приміщенні та повного перекриття термостатичного

клапана теплоносій продовжує проходити через опалювальний прилад без значного охолодження. У такій ситуації система фактично не забезпечує економії теплової енергії, хоча й не призводить до її надмірних втрат. В опалювальний період можливі режими, коли за температури зовнішнього повітря 18–20 °С система залишається в роботі через очікуване різке похолодання. У цьому мінімальному режимі більшість термостатів перебуває в закритому стані, а теплоносій практично без зміни температури переходить із подаючої лінії у зворотну. Такий режим є небажаним, особливо за умови використання теплоелектроцентралі як джерела тепла. Додатково ситуацію ускладнює те, що зворотний теплоносій перед поверненням у тепломережу проходить попередній ступінь охолодження у системі гарячого водопостачання.

Застосування вертикальних однотрубних систем із термостатичним регулюванням обмежується кількістю опалювальних приладів у стояку. Так, за кількості поверхів менше семи температура теплоносія, що надходить до крайніх приладів, у розрахунковому режимі може знижуватися до 18–20 °С, що не відповідає нормативним вимогам. Це зумовлено зменшенням тепловтрат у сучасних енергоефективних будівлях, що, своєю чергою, призводить до зменшення витрати теплоносія. За невеликої пропускної здатності стояка та коефіцієнта протікання через прилад на рівні 0,2–0,3 кількість теплоносія стає недостатньою для забезпечення комфортних умов. Практичний досвід свідчить, що застосування однотрубних систем є недоцільним при кількості приладів у стояку менше 9–10, тоді як граничне значення не повинно перевищувати 25.

Важливою особливістю однотрубних систем є слабка залежність загальної витрати теплоносія від положення термостатичних клапанів. За умов повного відкриття термостатів витрата теплоносія приймається за 100%, тоді як у зонах замикання вона становить близько 80%. У режимі мінімального теплового навантаження сумарна витрата може зростати до 90%. Це дає підстави вважати, що витрата теплоносія в однотрубних системах є умовно сталою величиною, що суттєво ускладнює гідравлічне балансування стояків.

У разі невідповідності фактичних перепадів тиску розрахунковим значенням у місцях підключення стояків виникає відхилення витрати теплоносія від проєктної, що призводить до локального перегріву або недогріву приміщень. Подібні проблеми можуть виникати також унаслідок змін гідравлічного опору трубопроводів після монтажу або реконструкції системи. Для коригування витрати теплоносія на стояках застосовуються балансувальні клапани, які, однак, створюють додаткові втрати тиску на рівні 15–20 кПа.

На відміну від однотрубних, двотрубні системи забезпечують безпосередню економію теплової енергії. У разі підвищення температури в приміщенні терморегулятор зменшує або припиняє подачу теплоносія до відповідного опалювального приладу. Надлишковий теплоносій, що надходить до сусідніх приміщень, спричиняє спрацювання їх термостатів, унаслідок чого зайвий об’єм теплоносія поступово виводиться з циркуляції. У мінімальному режимі робота системи зводиться до циркуляції теплоносія лише через нерегульовані стояки, що робить двотрубні системи більш ефективними з точки зору енергозбереження.

Для формування необхідного гідравлічного опору в місцях підключення опалювальних приладів використовуються термостатичні клапани з високим регулювальним авторитетом. Згідно з положеннями теорії автоматичного регулювання, оптимальний авторитет регулятора повинен перебувати в межах 30–70%, що відповідає втратам тиску від 8–10 кПа у верхніх зонах до 25–28 кПа в основі стояка. Забезпечення таких параметрів за невеликої витрати теплоносія потребує застосування клапанів із дуже малими дроселювальними отворами, що підвищує чутливість системи до забруднення теплоносія.

З метою уникнення засмічення необхідне регулярне технічне обслуговування системи, очищення фільтрів і контроль стану арматури. За відсутності можливості забезпечення належного сервісу використання двотрубної системи може бути економічно та технічно необґрунтованим. Саме тому при виборі типу системи опалення першочергово слід оцінювати умови подальшої експлуатації будівлі.

Найчастіше вертикальні двотрубні системи проєктуються з нижнім розташуванням розподільних магістралей. Це обумовлено значними гравітаційними тисками, які виникають через різницю температур у подаючих і зворотних стояках і можуть досягати 10 кПа у висотних будівлях. Нижня прокладка магістралей дозволяє ефективно використовувати ці тиски для забезпечення стабільної циркуляції теплоносія. Системи з верхнім розташуванням магістралей вважаються менш доцільними через підвищений ризик замулення нижніх опалювальних приладів. Для балансування системи в основі стояків встановлюються балансувальні клапани.

Сфера застосування двотрубних систем є ширшою, ніж однотрубних, оскільки вони допускають використання стояків навіть з одним поверхом. Разом з тим рекомендується обмежувати висоту таких систем 17–20 поверхами, що дозволяє зменшити вертикальні гідравлічні перекоси та підвищити загальну ефективність теплопостачання.

З позицій теплотехніки та гідравліки найбільш досконалими вважаються горизонтальні квартирні системи опалення. Їх застосування можливе в межах одного поверху або в межах протипожежного відсіку багатоповерхової будівлі. Такі системи забезпечують максимальний рівень збереження теплової енергії, є стійкими до несанкціонованих втручань, мають високі естетичні показники та відзначаються експлуатаційною зручністю. Основним недоліком є їх відносно висока вартість.

Окрім автономності, ремонтопридатності та зручності організації індивідуального обліку тепла, горизонтальні системи мають перевагу над вертикальними двотрубними схемами завдяки розташуванню регулятора постійного перепаду тиску безпосередньо поблизу опалювального приладу. Це дозволяє нівелювати вплив гравітаційних тисків і змін гідравлічного опору, стабілізувати роботу системи, підвищити точність регулювання та досягти додаткової економії теплової енергії.

1.2 Методи енергоаудиту

Методика проведення енергоаудиту визначається інформаційними потребами замовника, його фінансовими можливостями та наявністю контрольно-вимірювального обладнання. У найпростішому випадку енергоаудит може обмежуватися аналізом показників лічильників, тоді як у складніших випадках він передбачає детальне дослідження всіх напрямів енергоспоживання із застосуванням спеціалізованого обладнання та довготривалих вимірювань.

Професійний енергоаудит повинен базуватися на універсальному алгоритмі, незалежному від виду продукції, технологій чи організаційної структури підприємства. Стандартизація процедури дозволяє підвищити ефективність роботи аудитора та залучати додаткових фахівців на окремих етапах.

За рівнем складності енергоаудити поділяють на:

1. Простий (обхідний) енергоаудит, який передбачає візуальний огляд і визначення загального потенціалу енергозбереження.

2. Попередній енергоаудит, що включає інструментальні вимірювання та оцінку економічної доцільності заходів.

3. Комплексний енергоаудит, який є найбільш детальним і охоплює всі процеси енергоспоживання.

Вибір методу залежить від кваліфікації аудиторів, наявності вимірювального обладнання та очікувань замовника. Комплексний підхід дозволяє визначити потенціал енергозбереження шляхом порівняння фактичного енергоспоживання з нормативними та розрахунковими значеннями.

На практиці часто застосовується поєднання простого та попереднього аудитів, що забезпечує оптимальне співвідношення між точністю результатів і витратами.

1.3 Розроблення заходів з підвищення енергоефективності об’єктів

Перед розробленням заходів з підвищення енергоефективності необхідно здійснити комплексну оцінку технічного стану будівель та інженерних систем з метою виявлення причин перевитрат енергії. На основі отриманих даних формується перелік робіт з технічного обслуговування та заходів з термомодернізації.

Роботи виконуються поетапно з урахуванням пріоритетності усунення проблем експлуатаційної надійності. Після цього реалізуються заходи з модернізації відповідно до вимог нормативних документів, зокрема ДБН В.2.6-31:2006 та ДСТУ-Н А.2.2-5:2007.

Комплекс заходів включає:

підвищення теплоізоляційних характеристик огороджувальних конструкцій;

модернізацію внутрішніх та зовнішніх інженерних систем;

удосконалення систем вентиляції;

впровадження засобів обліку та регулювання споживання енергії.

Особлива увага приділяється вибору оптимальних конструктивно-технічних рішень з урахуванням кліматичних умов, характеристик будівель та економічної доцільності. Запропонований підхід дозволяє зменшити питомі втрати теплової енергії, забезпечивши при цьому мінімальні капітальні витрати та підвищення комфорту експлуатації будівель.

2 АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОКВАРТИРНОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ ОСББ «ЛА СКАЛА»

Загальні кліматичні дані (згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27). Розрахункові кліматичні характеристики району будівництва:

Зона кліматичного районування -2; температурна зона -2.

Розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Запоріжжя $t_з$ = –21°С. Розрахункове значення відносної вологості приміщень 50%, мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні для стін t_{min} = 11°С, для перекриттів та підлог t_{min} = 13,5°С . Згідно ДБН В.2.6-31:2021 та ДБН В.2.2-23:2009 та завданням на проектування розрахункова температура внутрішнього повітря приймається $t_в$ = 18°С (взимку); $t_в$ = 22°С (влітку).

Розрахункові температури та добові амплітуди коливання температури зовнішнього повітря, тривалість опалювального періоду -192 доби, середня температура за опалювальний період -0,2 °С.

Область, місто	Середня місячна температура повітря / середня добова амплітуда температури, °С												Температура повітря, °С						Період із середньою добовою температурою повітря					
													Середня за рік	холодного періоду				теплого періоду	≤ 8 °С		≤ 10 °С		≥ 21 °С	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		найхолодніша доба забезпеченістю		найхолодніша п'ятиденка забезпеченістю		найжаркіша доба забезпеченістю 0,95	тривалість, діб	середня температура, °С	тривалість, діб	середня температура, °С	тривалість, діб	середня температура, °С
														0,98	0,92	0,98	0,92	найжаркіша п'ятиденка забезпеченістю 0,99						
Запоріжжя	–3,5 / 5,9	–2,6 / 6,0	2,0 / 7,2	10,1 / 9,8	16,4 / 10,6	20,2 / 10,7	22,4 / 10,9	21,4 / 11,3	16,2 / 10,5	9,6 / 8,6	3,5 / 5,6	–1,1 / 5,0	9,6	-27	-24	-23	-21	30	26	166	0,6	182	1,4	69	22,0

1.4 Дати переходу добової температури повітря через 8º С та 10 º С.

Перехід через 8 °С :24.X-8.IV.

Перехід через 10 °С : 15.X-15.IV.

1.5 Середня місячна відносна вологість.

Область, місто	Середня місячна відносна вологість / середня добова амплітуда відносної вологості, %												Середня за рік відносна вологість, %
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Запорізька область													
Запоріжжя	85 / 9	83 / 12	79 / 20	68 / 32	63 / 35	65 / 36	63 / 37	63 / 37	68 / 34	75 / 29	85 / 13	87 / 7	74

1.6 Вітер

Область, місто	Переважний напрям вітру, його повторюваність, % / Середня швидкість вітру, м/с по місяцях											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Запорізька область												
Гуляйполе	Сх, 21 / 3,5	Сх, 30 / 4,0	Сх, 28 / 3,6	Сх, 21 / 3,3	Сх, 20 / 2,7	ПдЗ, 16 / 2,3	ПнЗ, 17 / 2,0	Пн, 20 / 2,0	Сх, 16 / 2,3	Сх, 16 / 2,6	Сх, 19 / 3,1	Сх, 19 / 3,3
Запоріжжя	З, 15 / 2,7	ПдСх, 17 / 2,9	ПнСх, 18 / 2,7	Пд, 17 / 2,5	Пн, 18 / 2,1	Пн, 20 / 1,8	Пн, 22 / 1,7	Пн, 28 / 1,7	Пн, 19 / 1,9	Пн, 16 / 2,2	Пд, 15 / 2,6	ПдСх, 15 / 2,6

1.7 Максимальне й середнє значення сонячної радіації, що надходить на горизонтальну та вертикальну західної орієнтації поверхню. Середньомісячні дози сонячної радіації осередненої для однієї години, що надходить на горизонтальну та вертикальні поверхні.

Місто, град. пн.ш.	Місяць	Сонячна радіація пряма / розсіяна, МДж/м²								
		поверхня								
		вертикальна								горизонтальна
		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
Запоріжжя, 47° 48′	I	0 / 29	1 / 33	82 / 44	267 / 59	416 / 63	306 / 56	100 / 43	2 / 33	132 / 66
	II	0 / 43	13 / 46	108 / 63	295 / 80	418 / 87	335 / 76	138 / 60	13 / 46	212 / 92
	III	0 / 57	48 / 69	178 / 93	352 / 105	437 / 111	374 / 102	218 / 88	52 / 69	370 / 142
	IV	10 / 73	99 / 90	247 / 104	345 / 111	330 / 119	320 / 114	227 / 107	94 / 91	493 / 176
	V	32 / 99	158 / 113	290 / 124	315 / 123	252 / 123	296 / 125	252 / 128	145 / 114	630 / 206
	VI	59 / 105	183 / 116	288 / 126	269 / 122	197 / 118	269 / 122	249 / 130	164 / 118	655 / 208
	VII	50 / 113	163 / 123	288 / 136	288 / 129	219 / 127	269 / 131	263 / 138	156 / 124	625 / 222
	VIII	16 / 89	117 / 101	254 / 116	313 / 124	286 / 118	313 / 124	223 / 119	111 / 101	530 / 194
	IX	0 / 55	65 / 67	220 / 78	330 / 91	375 / 98	335 / 90	196 / 80	65 / 67	408 / 136

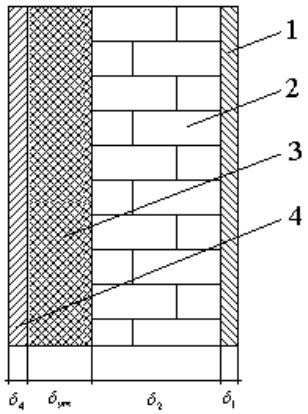
Максимальне значення(вертикальна поверхня) –345 МДж/м^2;

Максимальне значення (горизонтальна поверхня) – 655 МДж/м $_2$.

1. Загальні характеристики будівлі (об'єкта проектування).

2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін

Виконуємо ескіз огорожі з позначенням матеріальних шарів і їх товщин.



1- Штукатурка гіпсова ;

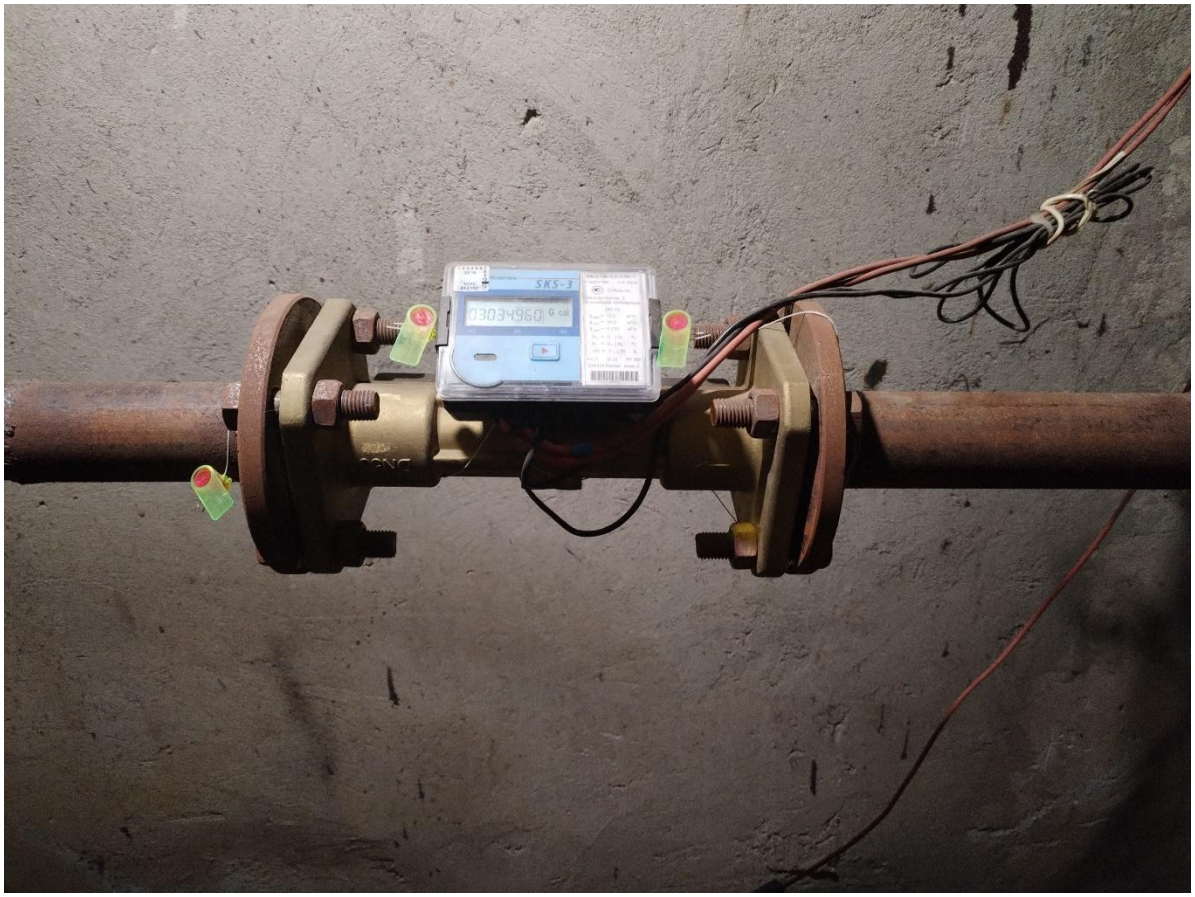
2- Цегла;

3- Утеплювач (в разі необхідності) .

Ескіз зовнішньої стіни .

Теплотехнічні характеристики матеріалів зовнішньої стіни

Штукатурка гіпсова	δ_1=10 мм	γ_1= 1200 кг/м^3	λ_1=0,47 Вт/(м*К)
Силікатна цегла	δ_2=510 мм	γ_2= 1800 кг/м^3	λ_2=0,85 Вт/(м*К)



Знаходимо опір теплопередачі зовнішньої стіни , (м^2*К)/Вт

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_н} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,25}{0,55} + \frac{1}{23} = 0,36,$$

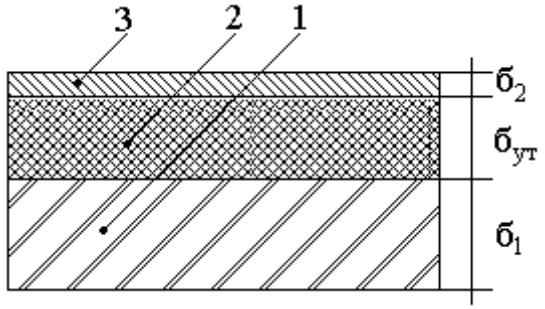
де $\alpha_в$ - коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/ (м^{2*}К);

δ- товщина шару матеріалу , м ;

λ- коефіцієнт теплопровідності матеріалу , Вт/(м*К);

$\alpha_н$ - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огородження , Вт/ (м^{2*}К).

Виконуємо ескіз підлоги з позначенням матеріальних шарів і їх товщин.



1- Залізобетон

2 - Утеплювач (за необхідністю)

3 – Бетонна стяжка

Ескіз перекриття підлоги .

Теплотехнічні характеристики матеріалів підлоги .

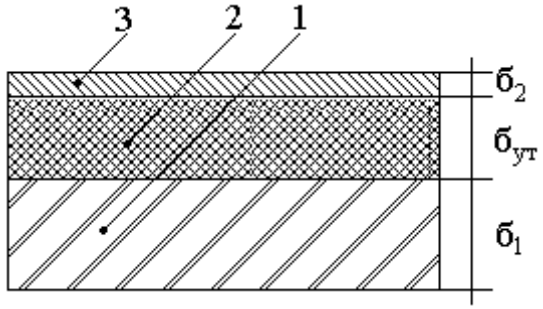
Залізобетон	δ_1=220 мм	γ_1= 2500 кг/м^3	λ_1=1,7 Вт/(м*К)
Бетонна стяжка	δ_2=10 мм	γ_2= 2000 кг/м^3	λ_2=0,7 Вт/(м*К)

Знаходимо опір теплопередачі підлоги , (м^2*К)/Вт

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_н} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,7} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{6} = 0,21 .$$

Для підлоги $\alpha_в$= 8,7 Вт/(м^2*К) , $\alpha_н$= 6,0 Вт/(м^2*К).

Виконуємо ескіз перекриття горища з позначенням матеріальних шарів і їх товщин.



1- Залізобетонна плита

2 – Утеплювач(за необхідністю)

3 – Рулонна покрівля

Ескіз перекриття горища .



Теплотехнічні характеристики матеріалів перекриття горища .

Залізобетон	δ_1=300 мм	γ_1= 2500 кг/м^3	λ_1=1,7 Вт/(м*К)
Рулонна покрівля	δ_2= 5 мм	γ_2= 600 кг/м^3	λ_2=0,17 Вт/(м*К)

Знаходимо опір теплопередачі перекриття горища , (м^2*К)/Вт

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_н} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{1,7} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{12} = 0,3.$$

Для перекриття горища $\alpha_в$= 8,7 Вт/(м^2*К) , $\alpha_н$= 12,0 Вт/(м^2*К).

2.2 Кондиціонована (опалювана) площа громадської частини будинку Af =4564 м^2; загальна площа зовнішніх огороджувальних конструкцій громадської частини будинку – FΣ = 3194,8 м^2;

- кондиціонований (опалюваний) об'єм громадської частини будинку V=11410 м^3.

2.2.1 Розрахункові параметри мікроклімату.

Згідно ДБН В.2.6-31:2021 та ДБН В.2.2-23:2009 та завданням на проектування розрахункова температура внутрішнього повітря приймається:

Квартири - tв = 18°С (взимку); tв = 22°С (влітку);

Санвузли, інші приміщення - tв = 16°С (взимку); tв = не нормується (влітку);

Кількість градусо-діб опалювального періоду– Dd = 3349 °С -діб.

3.Характеристика інженерних систем.

Джерело теплопостачання будівлі - існуючі зовнішні теплові мережі. Приєднання внутрішньої системи опалення через елеваторний вузол. Теплоносій в системі опалення - вода з параметрами 80-60 0С.

Система опалення будівлі запроектована закрита двотрубна, з нижньою розводкою розподільчих магістралей і вертикальними стояками.



До встановлення прийняті сталеві панельні радіатори з гладенькою поверхнею, які призначені для приміщень з високими вимогами до гігієни і чистоти. В сходових клітинах прилади опалення розташовуються в нішах.

Виконано розрахунок тепловтрат огороджувальними конструкціями. Прилади опалення встановлені згідно з теплотехнічним розрахунком, не порушуючи при цьому санітарно-гігієнічних умов суміжних приміщень.

Система - закрита. Джерелом теплпостачання є котельня. Теплоносій - вода. Паливо, яке використовується джерелом теплопостачання - природний газ.

Спосіб транспортування теплоносія - примусовий.



Схема мережі - тупікова. Приєднання споживачів до мережі- залежне.Клас енергетичної ефективності системи за:

- регулюванням надходження теплової енергії до приміщення - Е;

- регулюванням розподілення за температурою теплоносія у подавальному абозворотному трубопроводі - Е;

- регулювання циркуляційних, змішувальних та циркуляційно - змішувальнихнасосів (на різних рівнях системи) - Е;

- регулюванням періодичності зниження споживання енергії системою та/аборозподілення теплоносія - Е;

- взаємозв’язком між регулюванням споживання енергії та/або розподілення тепло/холодоносія у системах опалення та охолодження -Е.

4. Визначення енергетичних показників будівлі

Розділ виконано згідно норм: ДБН В.2.6-31:2021, ДСТУ Б А.2.2-12:2015, ДСТУ Б А.2.2-13:2015.

Таблиця 1 –Характеристика теплопередачі трансмісією для режиму опалення

№ з/п	Елементи оболонки будівлі	Напрямок за сторонами світу	Кут нахилу,...°	Склад елемента оболонки будівлі		Товщина елемента оболонки будівлі, м	А, площа і-го елемента оболонки будівлі, м²	R Σприв, приведений опір теплопередачі елемента оболонки будівлі, м2 × К/Вт	U, приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, Вт/(м2 × К)	ΔU/b, додаткова складова за замокненнями до коефіцієнта теплопередачі неоднорідних конструкцій, Вт/(м2 × К)	Поправочний коефіцієнт		Fsh, sh, k, понижувальний коефіцієнт затінення перекриттям для сонцезахисної плоскі (окремої поверхні	Вказати, до якого типу неопалюваного або кондиціонованого об'єму виходить теплопередача	Приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, що використаний у розрахунку трансмісії, Вт/(м2 × К)
				Матеріал, густина, кг/м³; теплопровідність, Вт/(м·К)	Товщина, м						$b_{tr,e}$	$b_{tr,i}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Зовнішні стіни															
1	Стіна 1	ПН	90	Силікатна цегла (теплопровідність - 0,85 Вт/(м·К) мінеральна вата (теплопровідність - 0,044 Вт/(м·К), густина - 80 кг/м³) штукатурка	0,510 0,1 0,04	0,65	58,37	3,38	0,3	0	1	1	1	конд	0,3
2	Стіна 2	СХ	90			0,65	65,9	3,38	0,3	0	1	1	1	конд	0,3
3	Стіна 3	ПД	90			0,65	58,37	3,38	0,3	0	1	1	1	конд	0,3
4	Стіна 4	З	90			0,65	65,9	3,38	0,3	0	1	1	1	конд	0,3

№ з/п	Елементи оболонки будівлі	Напрямок за сторонами світу	Кут нахилу,...°	Склад елемента оболонки будівлі		Товщина елемента оболонки будівлі, м	А, площа і-го елемента оболонки будівлі, м²	R Σприв, приведений опір теплопередачі елемента оболонки будівлі, м2 × К/Вт	U, приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, Вт/(м2 × К)	ΔU/b, додаткова складова за замокненнями до коефіцієнта теплопередачі неоднорідних конструкцій, Вт/(м2 × К)	Поправочний коефіцієнт		Fsh, sh, k, понижувальний коефіцієнт затінення перекриттям для сонцезахисної плоскі (окремої поверхні	Вказати, до якого типу неопалюваного або кондиціонованого об'єму виходить теплопередача	Приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, що використаний у розрахунку трансмісії, Вт/(м2 × К)
				Матеріал, густина, кг/м³; теплопровідність, Вт/(м·К)	Товщина, м						$b_{tr,e}$	$b_{tr,i}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Горищні перекриття неопалюваних горищ															
1	Горище	-	0	Залізобетонна плита пустотна (густина - 2500 кг/м^3) мінеральна вата (теплопровідність - 0,044 Вт/(м·К),густина - 80 кг/м^3)	0,22 0,15	0,37	200	4,82	0,21	0	1	1	1	конд	0,21

№ з/п	Елементи оболонки будівлі	Напрямок за сторонами світу	Кут нахилу,...°	Склад елемента оболонки будівлі		Товщина елемента оболонки будівлі, м	А, площа і-го елемента оболонки будівлі, м²	R Σприв, приведений опір теплопередачі елемента оболонки будівлі, м2 × К/Вт	U, приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, Вт/(м2 × К)	ΔU/b, додаткова складова за замокненнями до коефіцієнта теплопередачі неоднорідних конструкцій, Вт/(м2 × К)	Поправочний коефіцієнт		Fsh, sh, k, понижувальний коефіцієнт затінення перекриттям для сонцезахисної плоскі (окремої поверхні	Вказати, до якого типу неопалюваного або кондиціонованого об'єму виходить теплопередача	Приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, що використаний у розрахунку трансмісії, Вт/(м2 × К)
				Матеріал, густина, кг/м³; теплопровідність, Вт/(м·К)	Товщина, м						$b_{tr,e}$	$b_{tr,i}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Перекриття над технічним підпіллям															
1	Перекриття над підвалом	-	0	Засипка (теплопровідність - 0,12 Вт/(м·К),густина - 600 кг/м3) дерев'яне покриття (теплопровідність - 0,18 Вт/(м·К),густина - 500 кг/м3)	0,22 0,05	0,27	200	2,8	0,36	0	1	1	1	конд	0,36

№ з/п	Елементи оболонки будівлі (віконні блоки, балконні блоки)	Кількість, шт.	Розмір, м × м	Кут нахилу, ...°	А, площа і-го елемента оболонки будівлі, м²	ΔU, загальна площа елемента оболонки будівлі, м²	Напрямок за сторонами світу	Матеріал рамочних елементів або непрозора частина дверних блоків	Периметр склопакету, м	K_{ij}, Лінійний коефіцієнт теплопередачі дистанційної рамки склопакету Вт/м·К	Інформація про тип склопакета, яка є у склопакеті, розмірах склопакета, газове наповнення склопакета, тип склопак	FF, частка площі обрамлення, співвідношення площі проекції обрамлення та загальної площі елемента, що оцінюєт	I_{ref},коефіцієнт теплопередачі рамки вікна або непрозорої частини дверного блоку, Вт/(м2 × К)	U, коефіцієнт теплопередачі склопакета, Вт/(м2 × К)	U, приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, Вт/(м2 × К)	R Σприв, приведений опір теплопередачі елемента оболонки будівлі, м2 × К/Вт	Інг х, понижувальний коефіцієнт	Fsh, sh, k, понижувальний коефіцієнт затінення перекриттям для сонцезахисної плоскі (окремої поверхні	Вказати, до якого типу неопалюваного або кондиціонованого об'єму виходить теплопередача
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Вікно	6	1,74x1,68	90	2,92	17,52	ПН	Пластикові трьохкамерні	6,84	0,12	4Mi-16-4Mi-16-4i	0,3	1,3	1,42	1,38	0,72	1	1	конд
2	Вікно	8	1,74x1,68	90	2,92	23,36	ПД	Пластикові трьохкамерні	6,84	0,12	4Mi-16-4Mi-16-4i	0,3	1,3	1,42	1,38	0,72	1	1	конд
10	Двері	1	2,1x1	90	2,52	2,52	СХ	Пластикові трьохкамерні	6,6	0,12	4Mi-16-4Mi-16-4i	0,25	1,3	1,42	1,32	0,76	1	1	конд
11	Двері	1	2,1x1	90	2,52	2,52	ПН	Пластикові трьохкамерні	6,6	0,12	4Mi-16-4Mi-16-4i	0,25	1,3	1,42	1,32	0,76	1	1	конд

№ з/п	Назва параметру	Значення
1	Елементи оболонки будівлі (підлога по ґрунту, опалюваний підвал, технічне підпілля, холодний підвал)	опалюваний підвал
2	A, площа і-го елемента оболонки будівлі, м^2	674
3	P, периметр і-го елемента оболонки будівлі, м	188
4	Матеріал і-го елемента оболонки будівлі	Силікатна цегла (теплопровідність - 0,85 Вт/(м К) розчин цементно-піщаний (теплопровідність - 0,93 Вт/(м К),густина - 1600 кг/м3)
5	Загальна товщина стіни, м	0,65
6	R_f, термічний опір підлоги включаючи всі шари, м^2 × К/Вт	0,28
7	R_w, термічний опір стіни, що контактує з ґрунтом включаючи всі шари, м^2 × К/Вт	3,52
8	z, висота стін, що контактують з ґрунтом (для технічного підпілля h висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям), м	2,9
9	Тип ґрунту	дернево-підзолистий
10	Ψg, Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення Вт/ (м × К)	-
11	h, висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям, м	0,3
12	Uw, коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту, Вт/(м2 К)	3,38
13	Ɛ, площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору, м2	25,4
14	v, середня швидкість вітру, м/с	1,2
15	fw, ступінь вітрозахисту	0,4

Еквівалентна площа інсоляції засклених елементів:

Asol=Fsh,gl ggl (1-FF)Awp

ggl – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії

Awp – загальна площа проекції заскленого елемента

Awp Пн: 19,52 кв.м

AwpПд: 14,64 кв.м

Ff – частка площі обрамлення – 0,3

Fsh,gl- понижувальний коефіцієнт затінення

Для 1 зони кліматичного районування

Таблиця 9.1. Дані необхідні для розрахунку сонячних теплонадходжень

№ з/п	Елементи оболонки будівлі	Понижувальний коефіцієнт для постійно закритої завіси для світлопрозорих елементів огороджувальних конструкцій	Коефіцієнт поглинання сонячної радіації $\alpha_{s,c}$	Коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею, ε	Помноження коефіцієнту теплопередачі непрозорої частини U_c на 0,04 для фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком та вентильованих горищних покриттів (так або ні)
1	2	3	4	5	6
1	Стіна 1	1	0,7	0,71	ні
2	Стіна 2	1	0,7	0,7	ні
3	Стіна 3	1	0,7	0,76	ні
4	Стіна 4	1	0,7	0,7	ні
5	Горище	1	0,7	0,96	ні

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів:

$$A_{sol}=a_{s,c}R_{se}U_cA_c$$

$a_{s,c}$ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною для зовнішніх стін 0,7.

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір рівний 0,043м^2 К/Вт

U_c - коефіцієнт теплопередачі

A_c – площа проекції непрозорої частини (стіна)

Таблиця 2. Елементи сонячних теплонадходжень

		прозорі		непрозорі								
		Asol*Fsh		Asol					Asol*Fsh*I	Фг*Fr	Фsol стіни	Фsol стіни з
	Місяць	Пн	Пд	Пн	Сх	Пд	Зх	горище			безгорища	горищем
1	Січень	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	1232,36112	1718,62603	-56,505255	-486,26491
2	Лютий	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	2006,89695	1718,62603	450,844472	288,270918
3	Березень	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	2978,60755	1718,62603	1006,93225	1259,98152
4	Квітень	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	3649,2038	1718,62603	1202,53099	1930,57777
5	Травень	7,43027376	75,401592	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	4820,71571	1718,62603	1760,50445	3102,08968
6	Червень	7,38515064	73,5359856	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	5155,24583	1718,62603	1926,80627	3436,6198
7	Липень	7,40019168	71,2039776	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	4987,78177	1718,62603	1838,50846	3269,15574
8	Серпень	7,46035584	70,737576	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	4288,99007	1718,62603	1486,06912	2570,36404
9	Вересень	7,52052	75,401592	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	3363,36542	1718,62603	1104,71245	1644,73939
10	Жовтень	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	2105,08239	1718,62603	430,280536	386,456361
11	Листопад	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	1036,551	1718,62603	-242,4196	-682,07503
12	Грудень	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	853,209888	1718,62603	-336,69867	-865,41614
											10571,5655	15854,4991

Таблиця 3. Кліматичні дані та характеристика внутрішніх і сонячних теплонадходжень

			північ	південь	північ		південь		північ		південь		північ	південь
Fsh,gl			fsh,with	fsh,with	ggl+sh	Fsh,gl	ggl+sh	Fsh,gl	Asol	Isol	Asol	Isol	Фint=	Фint=
1						1		1	7,52052		77,7336			
2						1		1	7,52052		77,7336			
3						1		1	7,52052		77,7336			
4						1		1	7,52052		77,7336			
5	Травень		0,06	0,15	0,6	0,988	0,6	0,97	7,43027376	56	75,401592	101	416,095331	7615,56079
6	червень		0,09	0,27		0,982		0,946	7,38515064	67	73,5359856	96	494,805093	7059,45462
7	липень		0,08	0,42		0,984		0,916	7,40019168	61	71,2039776	98	451,411692	6977,9898
8	серпень		0,04	0,45		0,992		0,91	7,46035584	40	70,737576	106	298,414234	7498,18306
9	Вересень		0	0,15		1		0,97	7,52052	29	75,401592	102	218,09508	7690,96238
10						1		1	7,52052		77,7336			
11						1		1	7,52052		77,7336			
12						1		1	7,52052		77,7336			

	Загальна											
№	Місяць	днів	год	θсер		Isol,Пн	Isol,Сх	Isol,Пд	Isol,Зх	Isol,гор	Qsol,Квт*год	Qint,КВт*год
1	Січень	31	744	-4,7		13	21	50	22	32	2922,38848	1931,06063
2	Лютий	28	672	-3,6		24	36	70	38	59	4080,84698	1744,1838
3	Березень	31	744	1		35	58	90	61	101	6150,03379	1931,06063
4	Квітень	30	720	9		39	77	92	73	149	6226,07218	1868,76835
5	Травень	31	744	15,2		56	104	101	99	211	7285,36746	1931,06063
6	Червень	30	720	18,3		67	111	96	105	228	6826,36751	1868,76835
7	Липень	31	744	19,8		61	108	98	104	220	6895,32501	1931,06063
8	Серпень	31	744	19		40	93	106	89	185	6906,30381	1931,06063
9	Вересень	30	720	13,9		29	70	102	66	130	6489,91434	1868,76835
10	Жовтень	31	744	8,1		19	38	75	37	71	4763,97367	1931,06063
11	Листопад	30	720	1,9		11	17	39	17	31	2067,7799	1868,76835
12	Грудень	31	744	-2,5		9	14	35	15	22	1824,03653	1931,06063

Таблиця 4. Розрахунок енергопотреби на опалення

Місяць року	Параметр								
	$Q_{H,tr}$, кВт·год'	$Q_{H,ve}$, кВт·год	$Q_{H,ht}$, кВт·год	$Q_{H,sol}$, кВт·год	$Q_{H,int}$, кВт·год	$Q_{H,gn}$, кВт·год	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$, кВт·год
Січень	20231,882	13460,941	33692,823	98358,162	1931,0606	100289,22	2,9765752	0,255261	8092,9007
Лютий	17457,508	11615,059	29072,567	124441,2	1744,1838	126185,39	4,3403593	0,1900528	5090,6864
Березень	15547,9	10344,533	25892,433	177226,48	1931,0606	179157,54	6,919301	0,1279454	2970,044
Квітень	2894,8034	1926,0086	4820,8121	58470,358	1868,7684	60339,127	12,516382	0,0768517	183,64838
Травень	0	0	0	0	1931,0606	1931,0606	-	1	0
Червень	0	0	0	0	1868,7684	1868,7684	-	1	0
Липень	0	0	0	0	1931,0606	1931,0606	-	1	0
Серпень	0	0	0	0	1931,0606	1931,0606	-	1	0
Вересень	0	0	0	0	1868,7684	1868,7684	-	1	0
Жовтень	5326,7398	3544,0565	8870,7963	80923,274	1931,0606	82854,334	9,3401237	0,0995507	622,59005
Листопад	14330,636	9534,647	23865,283	74248,88	1868,7684	76117,648	3,1894718	0,2435931	5323,549
Грудень	18424,029	12258,117	30682,147	68844,763	1931,0606	70775,823	2,3067429	0,307819	8896,0047
Всього за рік	94213,5	62683,362	156896,86	682513,12	22736,682	705249,8			31179,423

Таблиця 5. Розрахунок енергопотреби на охолодження

Місяць року	Параметр								
	$Q_{C,tr}$, кВт·год	$Q_{C,ve}$, кВт·год	$Q_{C,ht}$, кВт·год	$Q_{C,sol}$, кВт·год	$Q_{C,int}$, кВт·год	$Q_{C,gn}$, кВт·год	γ_C	$\eta_{C,ls}$	$Q_{C,nd}$, кВт·год
Січень	0	0	0	98358,162	1931,0606	100289,22	-	-	0
Лютий	0	0	0	124441,2	1744,1838	126185,39	-	-	0
Березень	0	0	0	177226,48	1931,0606	179157,54	-	-	0
Квітень	0	0	0	175411,07	1868,7684	177279,84	-	-	0
Травень	0	0	0	193199,13	1931,0606	195130,19	-	-	0
Червень	3,3135129	2,2045899	5,5181028	173454,54	1868,7684	175323,31	229,40405	31772,388	175328,82
Липень	212,28573	141,24073	353,52645	177119,89	1931,0606	179050,95	4,5650996	506,47116	179404,48
Серпень	82,17512	54,673829	136,84895	190057,71	1931,0606	191988,77	10,209841	1402,9247	273,6979
Вересень	0	0	0	188493,39	1868,7684	190362,15	-	-	0
Жовтень	0	0	0	147565,97	1931,0606	149497,03	-	-	0
Листопад	0	0	0	74248,88	1868,7684	76117,648	-	-	0
Грудень	0	0	0	68844,763	1931,0606	70775,823	-	-	0

Тривалість опалювального періоду для діяльності сезонозалежних технічних засобів.

Тривалість опалювального періоду визначена відповідно даних таблиці 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 та складає 192 діб· 24 години = 4608 годин для м. Дніпро

.

Тривалість періоду охолодження визначена згідно з 15.3.4 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 на основі даних таблиці А.6 додатка А для м. Запоріжжя становить 583 год.

Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі/виділення

Система опалення у більшості об’єму магазину – електрична , частково електричними опалювальними нагрівачами, які мають вбудовані програмовані терморегулятори, що дозволяє змінювати температуру нагріву панелі і виставляти температуру повітря в приміщенні, частково повітряна з управлінням по температурі.

Прийнято згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015: fim=0,98, ηem=0,91

Таблиця 7. Розрахунок енергоспоживання при опаленні

№	Місяць	Qhnd	QH em ls	Qhem in=QH dis out	QH dis in=QH gen out	QH gen ls	QH use
1	Січень	29406,9162	11781,881	35830,91135	61183,85758	26221,6532	87405,5108
2	Лютий	24151,8353	9676,4328	29198,82259	52308,19314	22417,7971	74725,9902
3	Березень	19616,8858	7859,5053	22764,63719	48763,71526	20898,7351	69662,4504
4	Квітень	2402,82108	962,690264	2165,615934	10872,44053	4659,61737	15532,0579
5	Травень	0	0	0	0	0	0
6	Червень	0	0	0	0	0	0
7	Липень	0	0	0	0	0	0
8	Серпень	0	0	0	0	0	0
9	Вересень	0	0	0	0	0	0
10	Жовтень	5682,90663	2276,85654	5625,256178	20132,17319	8628,07422	28760,2474
11	Листопад	20434,2379	8186,97741	23503,55316	48106,05102	20616,879	68722,93
12	Грудень	27302,1903	10938,6226	32779,57551	58029,17012	24869,6443	82898,8145
Сумарно по місяцям		128997,793	51682,9658	151868,3719	299395,6008	128312,4	427708,001

Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми виробництва/генерування теплоти

Згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015 загальна енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування дорівнює енергії входу в підсистему розподілу.

Тепловтрати підсистеми виробництва/генерування тепла визначаються для кожного місяця по формулі (95) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та наведені в таблиці 5. При цьому, ефективність підсистеми виробництва/генерування тепла прийнята відповідно технічних характеристик, ηH,gen=99%.

Загальне енергоспоживання при опаленні

Загальне енергоспоживання при опаленні визначено для кожного місяця за формулою (96) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та наведено в таблиці 7.

Річне енергоспоживання при опаленні будівлі розраховано за формулою (97) та наведено в таблиці 7.

Загальне енергоспоживання при охолодженні

Проектом передбачено, що в якості системи охолодження будівлі використовуються мультизональні системи та покрівельний кондиціонер (руфтоп). Кондиціонована площа будівлі складає Af= 4564 м^2.

Розрахунок загального енергоспоживання при охолодженні виконано згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та наведено в таблицях 8, 9

Таблиця 8. Розрахунок енергоспоживання при охолодженні

№	Місяць	Qcnd	Wc,em,aux	QC,dis,ls	QC,gen.out	QC,gen.ls	QC use
1	Січень	0	0	0	0	0,000	0
2	Лютий	0	0	0	0	0,000	0
3	Березень	0	0	0	0	0,000	0
4	Квітень	0	0	0	0	0,000	0
5	Травень	0	0	0	0	0,000	0
6	Червень	8700,65396	10,4407848	0	8799,0856	0,000	8799,0856
7	Липень	9179,90855	68,2985196	0	9341,62331	0,000	9341,62331
8	Серпень	273,697899	1,35754158	0	277,833778	0,000	277,833778
9	Вересень	0	0	0	0	0,000	0
10	Жовтень	0	0	0	0	0,000	0
11	Листопад	0	0	0	0	0,000	0
12	Грудень	0	0	0	0	0,000	0
Сумарно по місяцям		18154,2604	0	0	0		18418,5427

Таблиця 9. Додаткова енергія при охолодженні

Тип вентиляторів системи охолодження	Питома потреба в енергії вторинних вентиляторів сис-ми ох-ня fc,em,aux	Додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі/виділення Wc,em,aux, кВт·год	Річна кількість додаткової енергії при охолодженні Wc,aux,an, кВт·год
Кондиціонери повітря приміщення: внутрішні блоки системи безпосереднього охолодження з розділенням повітя через повітропроводи і вентиляційні прилади (отвори)	0,1	502,36	583,24

Енергопотреби ГВП.

Загальна енергопотреба ГВП складає:

QDHW,nd=181080 кВт·год

Енергоспоживання ГВП.

Система ГВП будівлі передбачена від електричних водонагрівачів. Циркуляція – відсутня.

Тепловтрати системою розподілення гарячого водопостачання (п. 16.2.1. формула 119 ДСТУ Б А.2.2-12:2015):

Довжина трубопроводу Lw=70,8 м; ψw=0.4.

						тепловтрати розподілення					По 169	По 12 ДСТУ
Місяць	днів	год	θсер	θint,se,H	Ψсер, W	Qw,dis,ls	Qw,em,ls	Ww,dis,aux	Qw,dis,rbl	Qdhw,nd,квт	Qdhw,use	Qdhw,use
Січень	31	744	-4,7	19,9204473	2	10982,538	3356,265	1339,2	6562,62899	1169,01	16324,0137	29225,1189
Лютий	28	672	-3,6	19,9204473	2	9919,71173	3356,265	1209,6	5927,53586	1055,88	15086,165	28106,3544
Березень	31	744	1	19,9204473	2	10982,538	3356,265	1339,2	6562,62899	1169,01	16324,0137	29225,1189
Квітень	30	720	9	19,9204473	2	10628,2626	3356,265	1296	6350,93128	1131,3	15911,3974	28852,1974
Травень	31	744	15,2	19,9204473	2	10982,538	3356,265	1339,2	6562,62899	1169,01	16324,0137	29225,1189
Червень	30	720	18,3	19,9204473	2	10628,2626	3356,265	1296	6350,93128	1131,3	15911,3974	28852,1974
Липень	31	744	19,8	19,9204473	2	10982,538	3356,265	1339,2	6562,62899	1169,01	16324,0137	29225,1189
Серпень	31	744	19	19,9204473	2	10982,538	3356,265	1339,2	6562,62899	1169,01	16324,0137	29225,1189
Вересень	30	720	13,9	19,9204473	2	10628,2626	3356,265	1296	6350,93128	1131,3	15911,3974	28852,1974
Жовтень	31	744	8,1	19,9204473	2	10982,538	3356,265	1339,2	6562,62899	1169,01	16324,0137	29225,1189
Листопад	30	720	1,9	19,9204473	2	10628,2626	3356,265	1296	6350,93128	1131,3	1	2,1974
Грудень	31	744	-2,5	19,9204473	2	10982,538	3356,265	1339,2	6562,62899	1169,01	16324,0137	29225,1189
рік	365	8760				129310,528	40275,18	15768		13764,15	192999,85	192642,914
									Qdhw,need,к	13425,06		

За 12 ДСТУ

Додаткова енергія Ww,dis,aux=0 – насосів немає.

Енергоспоживання при освітленні (п 17, табл 36 ДСТУ Б А.2.2-12:2015)

Wuse = 120490 кВт·год;

5. Показники енергоефективності

Розрахунковий показник компактності будинку Λbci визначається за формулою:

$\Lambda bci = A\sum / V$

де $A\sum$ - загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огороджувальних конструкцій, включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху і перекриття (підлоги) нижнього опалювального приміщення, $м^2$;

V – кондиціонований об’єм для громадської будівлі (або її частини), $м^3$.

Λbci = 3194,8/11410= 0,28

Загальний показник енергоефективності будівлі повинен визначатись за умовою:

*EP*use≤ *EP*p,

де EPuse - річне розрахункове або фактичне значення загального показника питомого

енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні;

EPp - граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових, кВт·год/м^2, та громадських будівель,[кВт·год/м3] залежно від призначення будівлі, її поверховості або показника компактності, температурної зони експлуатації.

EPp = 33 Λbci +17

Розрахункове значення EPuse [кВт·год/м3], визначають за формулою:

EPuse = (QH,use +QC,use)/V,

де QH,use, QC,use – річне енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні, відповідно, кВт·год;

V –кондиціонований (опалюваний) об'єм для громадської будівлі (або її частини), м^3.

EPp=33*0,28+17 =26,24 кВт·год/м^3;

EPuse = (123707+24300)/11410= 20,97 кВт·год/м^3.

Визначення класу енергетичної ефективності будинку.

ΔEP = [(EPuse – EPp) / EPp] x 100;

ΔEP = [(26,24 – 20,97) / 20,97] x 100 = 25,14%;

Клас енергетичної ефективності будівлі	Відсоткові показники, ΔEP
A	ΔEP < -50
B	-50 ≤ ΔEP < -20
C	-20 ≤ ΔEP ≤ 0
D	0 < ΔEP ≤ 20
E	20 < ΔEP ≤ 35

F	$35 < \Delta EP \leq 50$
G	$50 < \Delta EP$

Клас енергоефективності – Е

Згідно додатоку до Мінімальних вимог енергетичної ефективності будівель (пункт 2 розділу ІІ) Наказу Міністерства розвитку громад та територій України від 27 жовтня 2020 року № 260; Наказу Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11 липня 2018 року № 169 “Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель”, зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 16 липня 2018 р. за № 822/32274 та ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».

2.7 Принципова дія системи опалення, що прийнята до експлуатації

В проекті передбачається експлуатація та налагодження системи опалення житлового дев’ятиповерхового будинку з вбудованими приміщеннями. В будинку проектується індивідуальне опалення за допомогою дахової модульної котельні.

Конструкція зовнішніх стін: штукатурка з вапняно – піщаної суміші - 0,015м; керамзитобетонна цегла - 0,19 м; екструзійні пінополістирольні плити - 0,073 м; керамзитобетонна цегла - 0,19 м; листи гіпсові обшивні - 0,020 м.

Внутрішні системи водяного опалення виконані двотрубними стальними трубами d_y15мм , d_y20мм, d_y32мм, d_y40мм , d_y50мм, d_y70мм в конструкції плінтуса з горизонтальною розводкою.

Система опалення будинку складається:

а. нагрівальних приладів – сталеві радіатори «DELTA» типу 22РККР;

б. в кожній квартирі розташований – датчик для регулювання температури;

в. мережа трубопроводів;

г. регулюючих пристроїв;

д. опалення від дахової модульної котельні.

Опалювальні пристрої розташовують під вікнами, відстані до стін, підвіконня обумовлюються конструкцією приладів.

2.7.1 Технічні характеристики основного обладнання

Запроектовану систему опалення передбачено для забезпечення нормованих показників температур в житловій будівлі та підтримання їх незалежно від змін температури зовнішнього повітря.

Поквартирна двотрубна система опалення виконується за допомогою модульної дахової котельні. Котельна розміщена на даху, посередині будинку. В котельні має бути забезпечений вільний доступ до обладнання та арматури. Всі манометри необхідно встановити на одній висоті, щоб їхні показники було видно з підлоги. Модулі фіксуються за допомогою анкерних болтів на попередньо передбачені бетонні фундаменти.

Трубопроводи на систему опалення – подаючий та зворотній, виходять з модулів і кріпляться за допомогою хомутів на спеціальних опорах, які фіксуються анкерними болтами. Хомути за допомогою болтів надають надійне закріплення трубопроводів.

Для трубопроводів в котельні передбачена ізоляція з пінополіетилену фірми THERMAFLEX для захисту від замерзання теплоносія. Подальша розводка ізольованих трубопроводів виконується на даху будинку, які з’єднують 8 стояків. Система опалення по квартирна, то стояк передбачений в кожній з квартир. На стояку передбачена арматура для автоматичного регулювання перепаду тиску, яка разом с трубопроводами закривається у «коробці» з встановленням зорового лючка, який виготовлений з листової сталі

і замком, що полегшує доступ до стоякової арматури. Прокладання трубопроводів у квартирі відбувається у плінтусній системі, яка являє собою спеціальний плінтус – профіль ПВХ, комплект нижнього підключення SL/VK1 для радіаторів, кріплення для трубопроводів, з послідовним підключенням радіаторів фірми DELTA типу 22 РККР, до радіаторів підводяться подаючий та зворотній трубопроводи, а також встановлюється терморегулятор для можливості регулювання температури у приміщенні.

2.7.2 Експлуатація на весь період служби системи

Експлуатація систем опалення повинна забезпечувати дотримання нормативних температурно – вологісних параметрів повітряного середовища у споживачів.

Види робіт для системи опалення: промивання системи проводиться після закінчення опалювального періоду, а також, після монтажу, капітального ремонту, текучого ремонту із заміною труб.

Системи промиваються водою в кількості, яка перевищує розрахункову витрату теплоносія в 3 – 5 разів, щороку після опалювального періоду, при цьому досягається повне освітлення води.

Для захисту від внутрішньої корозії системи повинні бути постійно заповненні хімічно очищеною водою або конденсатом.

Випробовування ні міцність і щільність обладнання систем проводяться щорічно після закінчення опалювального періоду для виявлення дефектів, а також перед початком опалювального періоду після закінчення ремонту.

Поточний ремонт систем проводить не рідше 1 разу на рік, як правило, у літній період, і закінчується не пізніше, ніж за 15 днів до початку опалювального періоду.

При експлуатації систем опалення забезпечується:

- рівномірне прогрівання всіх опалювальних приладів;
- залив верхніх точок системи;
- не перевищення допустимого для опалювальних приладів тиску води в системі;
- підтримання розрахункового коефіцієнта змішування на елеваторному вузлі або насосному змішувальному обладнанні;
- повна концентрація пари, яка поступає до нагрівальних приладів, виключення її прольотів;
- повернення конденсату з системи.

Для досягнення цих цілей необхідно виконання таких експлуатаційних вимог:

- тиск в зворотному трубопроводі для водяної системи встановлюється вище статичного не менше, ніж на 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2), але який не перевищує максимально допустимого тиску для найменш міцного елементу системи;
- в водяних системах при температурі вище 100^{0}С тиск в верхніх точках системи повинен бути вище розрахункового не менше, ніж на 0,05 МПа для запобігання скипання води при розрахунковій температурі теплоносія;
- заповнення і підживлення незалежних систем водяного опалення виконується пом’якшеною деаерованою водою з теплових мереж;
- максимальна температура поверхні опалювальних приладів повинна відповідати призначенню опалювального приміщення і встановленим санітарним нормам і правилам.

В процесі експлуатації опалювальних систем персоналу слідує виконувати слідуючі роботи:

- оглядати елементи систем, скритних від постійного нагляду, не рідше 1 раз на місяць;

- оглядати найбільш відповідальні елементи системи (насоси, арматуру тощо) не рідше 1 раз в тиждень;
- видаляти періодично повітря з системи опалення згідно інструкції с експлуатації;
- очищати зовнішню поверхню опалювальних приладів від пилу та бруду не рідше 1 раз в тиждень;
- промивати фільтри і грязьовики. Строки промивання грязьовиків встановлюються в залежності від ступеня забруднення, яка визначається по різниці показів манометра до і після грязьовика [46].

2.7.3 Пуск, випробування та налагодження робочих режимів системи та її елементів

Пускові випробування проводять після монтажу нових систем або капітального ремонту. Призначені вони для визначення придатності системи до експлуатації. В процесі експлуатації в трубах відкладається шлам. Допустима зміна різних характеристик системи періодично перевіряється експлуатаційними випробуваннями. Всі види випробування проводять по спеціальній програмі, яка враховує цілі дослідження.

Пуск систем теплопостачання в експлуатацію проводить пускова бригада по програмі, складеній керівником прийомочної комісії. В програмі міститься пускова схема з описом планів пуску і розстановкою працюючих. За основу пускової схеми приймається виконавча схема змонтованої системи опалення. В плані пуску вказується послідовність операцій, тривалість видержки тиску в різні періоди. Пуск системи складається із операцій наповнення, промивки, прогріву і випробування.

Пуск системи починається з наповнювання водою через зворотний трубопровід. Відповідно на зворотному трубопроводі перекриваються всі спускні крани й засувки на відгалуженнях. Після заповнення всієї ділянки здійснюється

витримка, в межах 2-3 год., для кінцевого виведення повітря, що накопичилося. В теплий період року система наповнюється холодною водою. При температурі зовнішнього повітря нижче $+1^0$С воду рекомендується нагрівати до 50^0С [10].

Наступним етапом є гідравлічне промивання системи опалення для видалення бруду і шламу. При цьому наповнити система водою з водопроводу, а потім швидко випустити в каналізацію через спеціальний штуцер у нижній частині системи опалення за допомогою шланга. Під час наповнення системи водою повітря з системи випустити через повітровипускні крани до появи з них струменя води. Під час випробовування системи опалення основним завданням є запустити в дію якомога більше приладів і прогріти більше приміщень. Тому всі дрібні дефекти (течії, свищі та тріщини в трубах) усунути за допомогою простих тимчасових заходів: обмотуванням ізоляційною стрічкою, встановленням хомутів з гумовими. прокладками тощо, фіксуючи при цьому місця де течії припинені цим способом.

Після зовнішнього огляду до початку малярних, тепло ізолювальних та інших робіт система опалення випробувати на міцність і герметичність. Для очного виявлення місць з дефектами кожну систему випробувати окремими ланками, а потім всю в цілому.

Щоб виявити дефекти спричинені температурним подовженням, перед початком випробувань систему заповнюється водою, прогріти до розрахункової температури протягом доби, потім охолодити. Після цього відключити систему від трубопроводу.

Гідравлічне випробування визначає щільність механічної міцності трубопроводів, арматури та обладнання. Випробовувати систему водяного опалення гідростатичним методом – тиском, що в 1,25 рази перевищує робочий тиск (Р=0,75 МПа), але не менше за 0,2 МПа в нижній точці системи опалення.

Гідравлічне випробування системи опалення виконати в два етапи: 1-й етап на протязі 30 хв. двічі піднімати тиск до розрахункової величини через кожні 10 хв.

Наступні 30 хв. Падіння тиску в системі не повинно перевищувати 0,06 МПа. 2-й етап – наступні 2 год падіння тиску (від досягнутого на 1-му етапі) не повинно бути більше ніж 0,02 МПа.

В результаті виявлення витікання в процесі випробування системи опалення, систему спорожнити і усунути дефекти, а потім гідравлічне випробування повторити. Після гідравлічного випробування водопровідну воду, що є в системі опалення, злити каналізацію.

Ефективність системи опалення визначити після її семигодинної безперервної роботи з теплоносієм в подавальному трубопроводі з температурою, не нижче 50° С і робочим тиском.

Останнім етапом приймання системи опалення є її теплове випробування. Запущена в роботу система опалення має прогріватись протягом 24 год., після того провести її теплове обстеження шляхом зовнішнього огляду. В результаті огляду виявити рівномірність прогріву всіх опалювальних приладів; перевірити розрахункові температури теплоносія і температури внутрішнього повітря в приміщеннях, проконтролювати безшумність системи й відсутність витікання в з’єднаннях.

Завдання наладки є забезпечення безперебійного приготування тепла при всіх режимах навантаження і встановити максимальну відповідність між виробленням тепла і його використанням. Договорене навантаження всіх ланок системи опалення досягається наладкою.

Налагодження може проводитись після монтування системи або ремонту діючих, така наладка називається пусковою. Під час експлуатації наладка використовується з метою покращення режимів споживання тепла.

Пускове налагодження потрібне для забезпечення розрахункового розподілення теплоносія і економічність роботи радіаторів. Досвід експлуатації показує, що розрахункова витрата тепла не завжди співпадає з дійсною необхідністю.

В будинку передбачено встановлення незалежної системи теплопостачання.

2.7.4 Розрахунки електричних параметрів циркуляційних насосів незалежної системи теплопостачання

Для забезпечення циркуляції теплоносія при незалежній системі теплопостачання використовується три циркуляційні насоси ВВН2-50. Режим роботи насосів ВВН2-50 складає 24 години на добу. Споживання електроенергії становить:

один насос у місяць $11 \cdot 24 \cdot 31 = 81840$ Вт

24 насоси у місяць $81840 \cdot 24 = 245520$ Вт.

Насоси ВВН2-50 працюють на повній потужності 24 години на добу, регулювання тиску здійснюється за допомогою дроселюванням що виражається в неоптимальних з точки зору витрачання ресурсів режимах. В середньому споживання енергії можна скоротити на третину [9].

Не оптимальність режиму роботи полягає в тому, що потужність насосів перевищує необхідну. Іноді насоси не відключаються навіть тоді, коли вони по суті справи не потрібні. Наприклад, тиск і продуктивність насоса при проектуванні були розраховані з запасом. Запас може перебувати в межах від 20 до 200 і більше відсотків. Часто при зміні витрати робочого тіла двигун працює на максимальній потужності, а для підтримки нормального тиску використовують заслінки і т. п. Для насосів запуск і зупинка прямим пуском значно знижує їх ресурс, тому їх просто не відключають. Можливі інші ситуації неоптимального режиму роботи приводів.

Одним із способів оптимізації режиму роботи насосів є зміна швидкості обертання робочого колеса. Існує багато способів зміни швидкості обертання: використання редукторів із змінним передавальним відношенням, використання гідромуфт, зміна частоти обертання за допомогою частотного перетворювача. При проектуванні установки з урахуванням усіх її особливостей може бути обґрунтований будь-який з цих варіантів. Однак при модернізації існуючих

установок, найбільш актуальним є зміна частоти обертання приводу. В цьому випадку механічна частина не зачіпається [9].

Найбільш поширеним видом електроприводів є двигуни змінного струму. У більшості випадків, це трифазний асинхронний двигун змінного струму з короткозамкненим ротором.

Основні переваги двигуна змінного струму:

1) простота виготовлення;

2) дешевизна;

3) висока надійність;

4) низькі експлуатаційні витрати;

5) можливість прямого включення в електричну мережу.

Основні недоліки двигуна змінного струму:

1)невеликий пусковий момент;

2) значний пусковий струм;

3) фіксована швидкість обертання (в номінальному режимі);

4) сильна (квадратична) залежність моменту від напруги мережі.

Для подолання недоліків були розроблені різні модифікації двигунів змінного струму:

1) двигуни з фазним ротором;

2) двигуни із змінним кількістю полюсів.

Однак все поліпшення призводять до ускладнення конструкції двигуна, зниження ККД і подорожчання.

Швидкість обертання ротора двигуна змінного струму можна змінювати за допомогою:

1) зміни частоти напруги живлення;

2) перемикання полюсів в двигунах відповідної конструкції;

3) зміни сили струму живлення (в дуже вузьких межах).

У широких межах регулюється швидкість двигунів постійного струму, але вони рідко використовуються через дорожнечу виготовлення і обслуговування. На сьогодні, розвиток електронних перетворювачів зробило найбільш економічно

ефективним способом регулювання частоти обертання ротора двигуна використання перетворювачів частоти напруги живлення (ПЧ) [10]. Особливо коли мова йде про регулювання частоти обертання в уже існуючій установці.

Основні переваги ПЧ:

1) регулювання частоти обертання в широких межах від нуля до межі механічної стійкості установки;

2) можливість плавного старту і зупинки двигуна;

4) просте включення в контур автоматичного регулювання;

5) високий коефіцієнт потужності.

Основні недоліки ПЧ:

1) висока вартість;

2) втрати енергії 2-10%;

3) наявність великої кількості гармонійних складових як в струмі двигуна, так і в споживаної від мережі струмі;

4) зменшення ударних струмових навантажень під час старту і зупинки двигуна;

5) випромінювання електромагнітних перешкод;

6) необхідність підтримки температурного режиму.

Виходячи з наявності недоліків, саме по собі використання ПЧ не гарантує позитивного економічного ефекту. Мало того, бездумне використання ПЧ може принести збитки.

Найбільш очевидний економічний ефект при використанні перетворювачів частоти може бути досягнутий за рахунок економії електроенергії.

Але не варто також забувати про інші фактори економії:

1) плавний старт дозволяє знизити механічні пускові навантаження. Це прямий вихід на зменшення зносу і збільшення терміну служби обладнання;

2) плавний старт і зупинка насосів дозволяє усунути гідроудари в системі;

3) більш низька частота обертання двигуна призводить до збільшення ресурсу установки. Знижується рівень шуму;

4) відсутність 4-8 кратних пускових струмів при старті дозволяє знизити встановлену (максимальну) потужність, спростити систему захисту від перевантажень і короткого замикання;

5) включення насоса в контур автоматичного регулювання дозволяє підтримувати задані параметри тиску витрати та ін. Без участі оператора або дистанційно;

6) точна підтримка тиску в системі дозволяє знизити максимальний тиск в трубопроводах, а значить, і зменшити ймовірність їх розривів. Зниження тиску дає додаткову економію енергії і зниження втрат на витоку.

Всі ці фактори сильно залежать від конкретної насосної установки. Економічний ефект повинен розраховуватися індивідуально для кожної установки. Заміна електричних двигунів на нові, з більш високим ККД, може принести позитивний економічний ефект. Навіть при зміні ККД на 1-2% заміна може окупитися за кілька років. Особливо актуально проводити розрахунки енергозбереження при установці нових двигунів.

Наближений розрахунок економії енергії можна виконати знаючи параметри електричного двигуна, насоса і необхідні вихідні параметри:

1) тиск;

2) витрата.

Розрахунок економічного ефекту від інших факторів утруднений, так як залежить від конкретної насосної установки. Але ефект від інших факторів в деяких випадках може перевищити ефект від економії енергії. Іноді, в разі помилок при проектуванні, або внесення змін до системи після проектування, робоча точка насоса може виявитися так далеко від оптимальної, що економічно доцільною виявиться повна заміна насосної установки.

Найбільш точні розрахунки продуктивності насоса і тиску на виході і споживаної потужності можна отримати використовуючи характеристичні криві насоса. Однак не завжди вони наводяться для різних швидкостей обертання ротора. Зазвичай дані є для одного або двох значень частоти обертання, але навіть маючи графіки для однієї частоти обертання ротора можна перерахувати їх для інших

швидкостей обертання. По-перше, потрібно по необхідної продуктивності насоса і тиску на виході визначити за графіками наскільки далека робоча точка від точки максимального ККД. Якщо вхідні параметри міняються в часі, потрібно зробити кілька оцінок. Якщо робоча точка завжди знаходиться поблизу точки з максимальним ККД (зниження ККД менше 10%), частотне регулювання не дасть економії електроенергії. У разі якщо й інші фактори економії виявляться незначними, застосування ПЧ принесе збиток від витрат на придбання і експлуатацію [1]. Але найчастіше параметри продуктивності розраховані з запасом від максимальної витрати в системі, а максимальна витрата досягається протягом одного-двох годин на добу.

Якщо подивитися по характеристичним кривим, то ККД насоса може падати до 20-30% від максимального. Тиск на виході насоса ВВН2-50м регулюється дроселюванням (потік регулюється регульованою заслінкою). Залежно від регулювання робоча точка насоса по різному зміщується по сімейству характеристичних кривих. Найневдаліші варіанти це відсутність регулювання і рециркуляція, вони призводять до максимальній витраті енергії і підвищеного тиску в системі. При дроселюванню вдається трохи знизити споживану потужність в разі зниження продуктивності. Графіки споживання електроенергії в залежності від витрати рідини для різних способів регулювання при постійному тиску на виході наведені на рисунку 2.4.

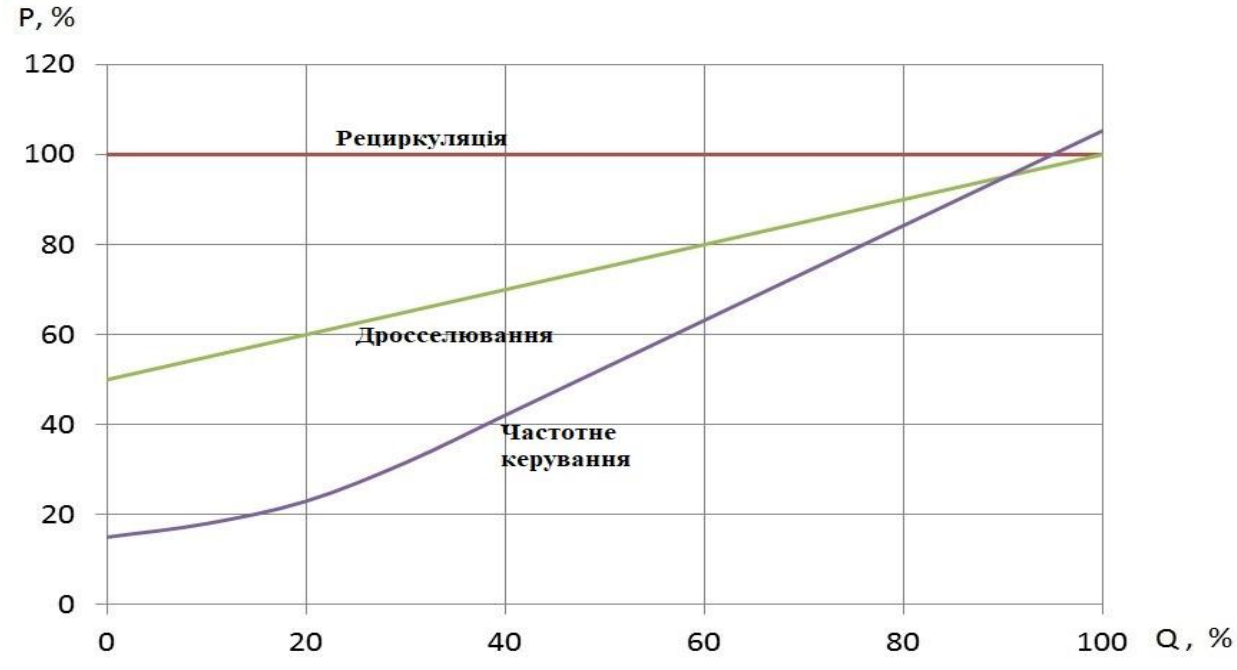


Рисунок 2.4 – Графік залежності використання енергії від витрати рідини

Графік споживання енергії при частотному регулюванні має дві особливості: по-перше при малих витратах він «відхиляється вгору» через нестійкість режиму роботи насоса при мінімальних витратах; по-друге при максимальній витраті рідини позначається ККД частотного перетворювача, і споживання енергії стає більше, ніж при інших способах регулювання.

При розрахунках насосів ВВН2–50 можна прийняти наступні залежності:

1) продуктивність (витрата) прямо пропорційна швидкості обертання ротора;

2) тиск прямо пропорційне квадрату швидкості обертання ротора;

3) споживання енергії пропорційне кубу швидкості обертання ротора;

При дроселюванні витрата зменшується [12], але тиск на виході насоса зростає, тому споживана потужність слабо зменшується при зменшенні витрат. Зміна споживаної потужності можна оцінити за характеристичними кривими або використовуючи емпіричну формулу:

$$P_{\text{др}} = \frac{P_{\text{ном}}}{2} \cdot \left(1 + \frac{Q_{\text{др}}}{Q_{\text{ном}}}\right)$$

де: $P_{\text{др}}$ і $P_{\text{ном}}$ - споживана потужність при дроселюванні в оптимальній робочій точці;

$Q_{\text{др}}$ і $Q_{\text{ном}}$ - витрата при дроселюванні в оптимальній робочій точці.

Крім безпосередньо економії енергії потрібно врахувати і збільшення витрат:

1) ККД ПЧ з урахуванням витрат на охолодження прийняти 90%

2) впровадження ПЧ потребують капітальних витрат, які

окупаються не відразу. Тому для оцінки економічного ефекту необхідно враховувати ставку дисконтування за прийнятою на підприємстві методикою, зазвичай мова йде про 10-30% в рік.

Як приклад розглянемо розрахунок для одного працюючого насосу. Регулювання тиску на виході станції забезпечується заслінкою, тобто дроселюванням. Розрахунок проведемо за такими даними :

1) Марка насосу ВВН2–50;

2) Продуктивність насоса *Qopt* 50 $м^3$/год;

3) Напір *Hopt* = 0,4 м (водяного стовпа);

4) Тиск на виході насосу *P*вих = 1,03 кгс/$см^2$;

5) Тиск на вході насоса *P*вх = 0,20 кГс/$см^2$;

6) Витрата води на місяць *V*мес = 30960 $м^3$;

7) Тип регулювання - дроселювання.

8) Марка електродвигуна ВАО2-315М10;

9) Механічна потужність *P* = 110 Вт;

10) Частота обертання *n* = 600 об/хв;

11) Напруга живлення *U* = 380 В;

12) Струм двигуна *I* = 23,4 А;

13) ККД 0,93 %

14) *cos φ* 0.77

15) Кількість полюсів 10

16) *I* пуск 5.0

17) Синхронна частота обертання 600

18) Відсоток ковзання 0,012

19) Макс момент на валу 2.3

20) Момент пусковий 1.4

На рисунку 2.5 зображено графік характеристичних кривих і положення оптимальної робочої точки при різній швидкості обертання ротора для насоса ВВН2–50.

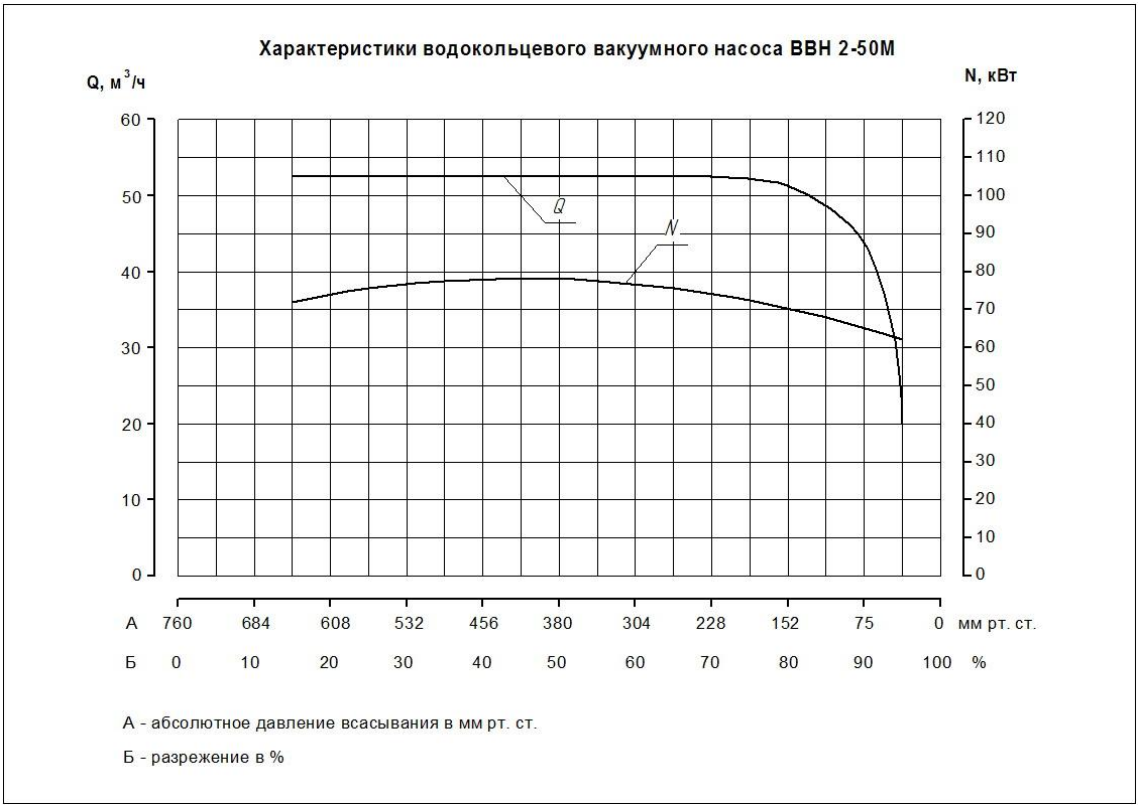


Рисунок 2.5 – графік характеристик водокільцевого вакуумного насосу ВВН2-50м

При регулюванні рециркуляцією, насос працює в режимі близькому до оптимального при максимальній (оптимальної) продуктивності незалежно від потоку води [12]. Споживання механічної енергії дорівнює номінальної потужності двигуна, споживання електричної енергії буде таким же, але з урахуванням ККД двигуна і cos φ. Споживання енергії можна розрахувати з паспортних даних за формулою :

$$Pрец = Popt = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \qquad (3.2)$$

де: Pрец = $Popt$ – повна активна енергія

U – Напруга живлення V; U = 380 V;

I – номінальний струм A; I = 233 A.

$$Pрец = Popt = \frac{380 \cdot 23{,}4 \cdot 1.73}{1000} = 153 \text{ Вт.}$$

При регулюванні дроселюванням, робоча точка насоса зміщується в область більш високого тиску і меншої витрати, споживання енергії знижується, але ККД насоса різко падає. Оцінити зниження споживання енергії можна за графіками характеристичних кривих насоса або за наближеною формулами:

$$Pдр = \frac{Popt}{2} \cdot (1 + \frac{Q}{Qопт})$$

$$Q = \frac{Vміс}{Tміс}$$

де *Vміс* – витрата води на місяць, м3; *V*міс = 30960 м^3

Tміс – кількість робочих годин у місяць, *t; T*міс = 720 г.

$$Q = \frac{30960}{720} = 43 \frac{м^3}{г}$$

$$Pдр = \frac{153}{2} \cdot (1 + \frac{43}{50}) = 142 Вт$$

Розрахуємо частоту обертання ротора насоса виходячи з умов зниження продуктивності і напору, за формулою

$$Nq = n \cdot \frac{Q}{Qopt}$$

де *n* - частота обертання, *rpm; n* = 600 $\frac{об}{хв}$

Qopt - продуктивність насоса, м^3; *Qopt* = 50 $\frac{м^3}{г}$

$$Nq = 600 \cdot \frac{43}{50} = 516 \frac{об}{хв}$$

$$Nh = n \cdot \frac{\sqrt{H}}{Hopt}$$

де *H* – висота водяного стовпа, м;

n - частота обертання, *rpm*; n = 600 $\frac{об}{хв}$

Hopt – висота водяного стовпа, м; *Hopt* = 0,4 м.

$$H = (P\text{вих} - P\text{вх}) \cdot g$$

де Pвих – тиск на виході з насосу,

Pвх – тиск на вході насосу,

g – прискорення вільного падіння, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$; g = 9,8 $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

$$H = (1{,}03 - 0{,}2) \cdot 9{,}8 = 8{,}13 \text{ м}$$

$$Nh = 600 \cdot \frac{\sqrt{8{,}13}}{0{,}4} = 270 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Робоча точка, що забезпечує необхідну продуктивність, буде досягатися при частоті обертання насоса між Nq і Nh Приймемо за частоту обертання ротора найбільшу за формулою

$$Pper = Popt \cdot \left(\frac{Nh}{Nq}\right)$$

де Nq – верхня робоча точка, *rpm*; Nq = 516 $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

Nh – нижня робоча точка, *rpm*; 270 $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

$Popt$– повна активна енергія, *W*; $Popt =$ 153 Вт.

$$Pper = 153 \cdot \left(\frac{516}{600}\right) 3 = 97 \text{ Вт}$$

Регулювання частоти обертання двигуна здійснюється за допомогою перетворювача частоти (ПЧ). ККД ПЧ потужністю понад 100 Вт, як правило, не гірше 95%. З урахуванням цього споживана потужність складе за формулою

$$P\text{пч} = \frac{Pper}{k}$$

де *Pper* – оптимальна робоча точка, W; *Pper* = 97 Вт

k – коефіцієнт корисної дії, ККД; k = 0,95.

$$Pпч = \frac{97}{0.95} = 102 \text{ Вт}$$

Розрахуємо вартість електроенергії для трьох варіантів регулювання [13]. Приймемо ціну електроенергії 2,11 коп./кВт. год. Приймемо кількість годин на місяць 720 г. Враховуючи, що для електродвигуна cos φ > 0,95, приймемо активну потужність дорівнює реактивної. Отримані дані зведемо у таблицю.

$$Сміс = P\alpha \cdot Tміс$$

де $P\alpha$ - варіант потужності, кВт

Тміс – кількість робочих годин у місяць, t; Тміс = 720 г.

Ррец – повна активна потужність, W; $Pрец = 153$ Вт.

*Р*др – потужність дроселювання W; *Р*др = 142 Вт

*Р*пч – потужність перетворювача частоти W; *Р*пч = 102 Вт

$$Сміс = 153 \cdot 720 = 110160 \text{ Вт}$$

$$Сміс = 142 \cdot 720 = 102240 \text{ Вт}$$

$$Сміс = 102 \cdot 720 = 73440 \text{ Вт}$$

$$Qміс = Сміс \cdot Qквт$$

де *С*міс – споживання електроєнергії у мясяць, Вт;

*Q*квт – ціна кіловату, грн; Qквт = 2,11 грн.

$$Qміср = 110160 \cdot 2{,}11 = 232437{,}6 \text{ грн.}$$

$$Qмісд = 102240 \cdot 2{,}11 = 215726{,}4 \text{ грн.}$$

$$Qмісч = 73400 \cdot 2{,}11 = 154958{,}4 \text{ грн.}$$

Qміс = 232437,6 – 154958,4 = 77479,2 грн

Qміс = 77479,2 · 24 = 1859500,8 грн

$$Qміс = 1859500,8 \cdot 12 = 22314009,6 \text{ грн}$$

Таблиця 2.8 - Вартість електроенергії для трьох варіантів регулювання.

Спосіб регулювання потужності	Споживана потужність, Вт	Кількість електроенергії у місяць, Вт/г	Ціна електроенергії у місяць, грн
Рециркуляція	153	110160	232437,6
Дроселювання	142	102240	215726,4
Частотне регулювання	102	73440	154958,4

Таким чином, після розрахунку, видно що самим економічним методом регулювання потужності є регулювання методом частотного керування.

Трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором типу ВАО2-315М10, який використовується в якості електроприводу насосного агрегату марки ВВН2–50, має наступні номінальні дані:

1) механічна потужність P = 110 Вт

2) частота обертання n = 600 об/хв

3) напруга живлення U = 380 В;

4) струм двигуна I = 23,4 А;

5) ККД 0,93 %

6) $cos\ \varphi$ 0.77

7) кількість полюсів 10

8) I пуск 5.0

9) синхронна частота обертання 600

10) відсоток ковзання 0,012

11) макс. момент на валу 2.3

12) момент пусковий 1.4

13) маховий момент ротора $Н.м^2$ 350

Для подальших розрахунків потрібно визначити:

1) номінальну частоту обертання ротора двигуна;

2) номінальну частоту обертання магнітного поля;

2) обертаючий номінальний, максимальний і пусковий моменти двигуна;

3) потужність, споживану двигуном з мережі;

4) номінальний і пусковий струми;

5) значення крутного моменту при ковзанні, рівному 0,2; 0,4; і 0,6.

Визначимо частоту обертання магнітного поля двигуна [13]:

В позначенні двигуна (ВАО2-315М10) після букви "М" зазначено кількість полюсів 10, кількість пар полюсів вдвічі менше.

$$rpmм = \frac{60 \cdot f1}{P}$$

де: *f1* – частота змінного току, *f; f1* = 50 герц;

P – кількість пар полюсів, *P; P* = 5;

60 – кількість секунд у хвилині.

$$rpmм = \frac{50 \cdot 60}{5} = 600 \frac{об}{хв}$$

Номінальна частота обертання:

$$rpmn = rpmм\ (1 - Sн)$$

де: rpmм - частота обертання магнітного поля , rpm; n1н = 600 $\frac{об}{хв}$;

Sn - відсоток ковзання, S; Sn = 0,012.

$$rpmn = 600 \cdot (1 - 0{,}012) = 592 \frac{об}{хв}.$$

Номінальний обертальний момент на валу:

$$Мн = 9{,}55 \cdot \frac{P}{rpmn}$$

де: *Мн* -номінальний момент, *Мн; Мн* = 9,55;

P - механічна потужність, *кВт; P* = 110 Вт;

rpmn - номінальна частота обертання, *rpm; rpmn*= 592 $\frac{об}{хв}$

$$Мн = 9{,}55 \cdot \frac{110 \cdot 1000}{592} = 185{,}8 \text{ нм}$$

Пусковий крутний момент двигуна:

$$Mn = \frac{Мп}{Мн} \cdot Мн$$

де $\frac{Мп}{Мн}$ - пусковий момент, Нм; $\frac{Мп}{Мн}$ = 1.4;

Мн - номінальний обертальний момент, *Нм; Мн* = 185,8.

$$Mn = 1{,}4 \cdot 185{,}8 = 260{,}1 \text{ Нм.}$$

Максимальний крутний момент:

$$Mmax = 2{,}3 \cdot Мн$$

де: 2.3 – максимальний момент на валу, *Нм*

Мн - номінальний обертальний момент, *Нм*; *Мн* = 185,8.

$$Mmax = 2{,}3 \cdot 185{,}8 = 427{,}34 \text{ Нм}$$

Номінальну потужність Р, споживану двигуном з мережі, визначимо з виразу:

$$Pn = \frac{P}{n_н}$$

де: P - механічна потужність, кВт; P = 110 Вт;

$n_н$ – коефіцієнт корисної дії, ККД; $n_н$ =0,93.

$$Pn = \frac{110}{0,93} = 118,2 \text{ Вт.}$$

при цьому номінальний струм, споживаний двигуном з мережі, може бути визначений із співвідношення:

$$An = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = \frac{Pn}{(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi)}$$

Де Pn - номінальна потужність, кВт; Pn = 118,2 Вт;

U - номінальна напруга, V; U = 380 В;

$cos\ \varphi$ - номінальний коефіцієнт потужності, $cos\ \varphi$ = 0.77.

$$An = \frac{118200}{(1,73 \cdot 380 \cdot 0,77)} = 233,5 \text{ А}$$

а пусковий струм при цьому буде:

$$In = 5I \cdot An$$

де: 5I – кратність пускового току, А; 5I = 5.0 А;

An – номінальний струм, А; An = 233,5.

$$In = 5 \cdot 233,5 = 1167,5 \text{ А.}$$

Визначимо коефіцієнт перевантажувальної здатності:

$$\lambda = \frac{M\text{макс}}{M\text{ном}}$$

де: *М*макс – максимальний крутний момент, *Нм; М*макс = 427,34 *Нм;*

*М*ном – номінальний крутний момент, *Нм; М*ном = 185,8 *Нм*.

$$\lambda = \frac{427{,}34}{185{,}8} = 2{,}3$$

Визначимо величину ковзання, при якій момент найбільший:

$$S\text{кр} = S\text{ном} \cdot (\lambda \pm \sqrt{\lambda} - 1)$$

де: *S*ном – номінальна величина ковзання, *S; S*ном = 0,012;

λ - коефіцієнт перевантажувальної здатності, λ; λ = 2,3.

$$S\text{кр} = 0{,}012 \cdot \left(2{,}3 + \sqrt{2{,}3^2} - 1\right) = 0{,}05$$

$$S\text{кр} = 0{,}012 \cdot \left(2{,}3 - \sqrt{2{,}3^2} - 1\right) = 0{,}02$$

З двох отриманих значень за умовою стійкої роботи двигуна *S*ном < *S*кр вибираємо *S*кр = 0,05.

Визначимо пусковий момент двигуна (при S = 1):

$$M = \frac{2{,}3 \cdot M\text{макс}}{\left(\frac{S}{S\text{кр}} + \frac{S\text{кр}}{S}\right)}$$

де: *М*макс – максимальний крутний момент, *Нм; М*макс = 427,34 *Нм*;

S - величина ковзання, *S; S* = 1

*S*кр - критична величина ковзання, *S; S*кр = 0,05

$$M = \frac{2{,}3 \cdot 427{,}34}{\left(\frac{1}{0{,}05} + \frac{0{,}05}{1}\right)} = 49{,}02 \text{ Нм}$$

Визначимо момент при S = 0,2 :

$$M = \frac{2{,}3 \cdot 427{,}34}{(\frac{0{,}2}{0{,}05}+\frac{0{,}05}{0{,}2})} = 231 \text{ Нм}$$

Момент при S = 0,4:

$$M = \frac{2{,}3 \cdot 427{,}34}{(\frac{0{,}4}{0{,}05}+\frac{0{,}05}{0{,}4})} = 120 \text{ Нм}$$

Момент при S = 0,6:

$$M = \frac{2{,}3 \cdot 427{,}34}{(\frac{0{,}6}{0{,}05}+\frac{0{,}05}{0{,}6})} = 81 \text{ Нм}$$

Використавши отримані дані побудуємо графік який покаже залежність ступеня ковзання від навантаження.

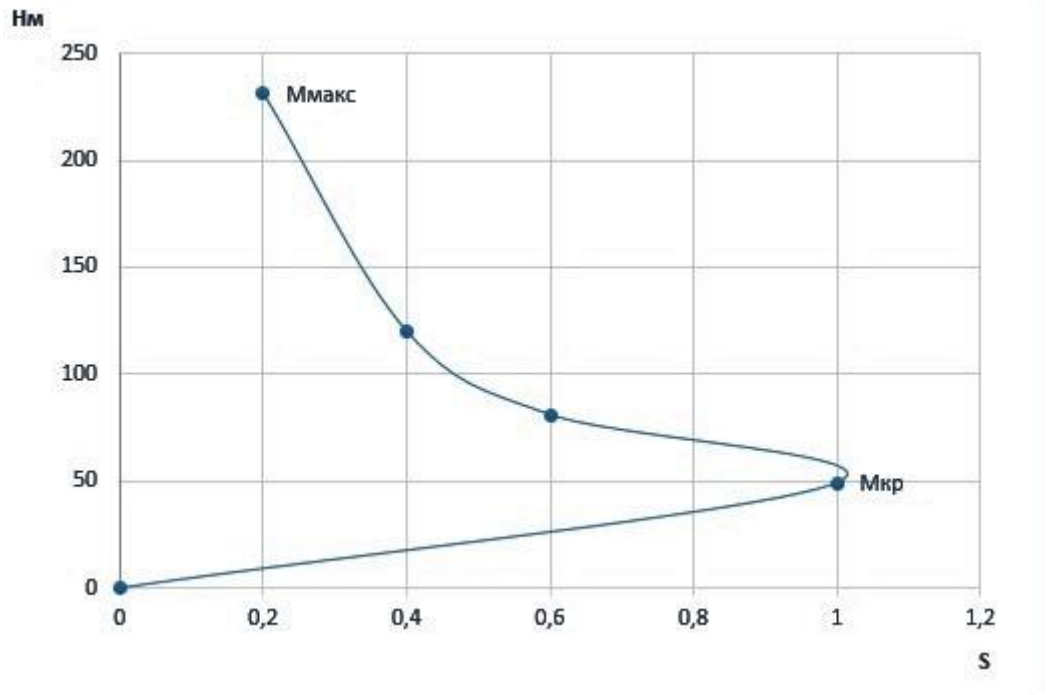


Рисунок 2.6 - Графік залежності крутного моменту від ковзання.

На рисунку 2.6 зображено графік залежності крутного моменту від ковзання, на якому видно що при збільшенні навантаження зростає величина відсотка ковзання.

Виходячи з даних електромотора, можливо знайти відповідну потужність необхідного частотного перетворювача [14].

По струму: для цього необхідно розрахувати значення номінального струму для трифазного асинхронного двигуна змінного струму.

Якщо:

1) потужність двигуна $P_н$ = 110 Вт;

2) номінальна напруга $U_н$ = 380 В;

3) номінальний коефіцієнт потужності, $cos\ \varphi$ = 0.77;

4) номінальний коефіцієнт корисної дії, КДД; n = 0,93.

$$I\text{н} = \frac{\text{Рн}}{(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \text{n})}$$

Де $P_н$ - номінальна потужність, кВт; $P_н$ = 110 Вт;

U - номінальна напруга, V; $U_н$ = 380 В;

$cos\varphi$ - номінальний коефіцієнт потужності, $cos\ \varphi$ = 0.77;

n - номінальний коефіцієнт корисної дії, КДД; n = 0,93.

$$I\text{н} = \frac{110}{(1{,}73 \cdot 380 \cdot 0{,}77 \cdot 0{,}93)} = 23{,}36\ \text{А}$$

Значить номінальна потужність перетворювача не повинна бути менше 23,36 А.

По повній потужності: якщо відомо номінальний струм двигуна перетворювач частоти можливо підібрати виходячи з повної потужності що споживається двигуном.

Якщо:

1) потужність двигуна $P_н$ = 110 Вт;

2) номінальна напруга $U_н$ = 380 В;

3) номінальний тік A = 23,4

Використаємо формулу розрахунку повної потужності

$$S_{\text{дв}} = U \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

де U – номінально напруга, V; $U_н$ = 380 V

I - номінальний тік, A; I = 23,3 A

$$S_{\text{дв}} = \frac{380 \cdot 233 \cdot 1{,}73}{1000} = 1{,}53 \text{ кВА}$$

Значить номінальна потужність перетворювача не повинна бути менше 1,53кВА.

По потужності: якщо відомі Cosφ двигуна і ккд двигуна n, частотний перетворювач можливо підібрати виходячи з вихідної потужності двигуна. Проте, так як $cos\varphi$ двигуна і коефіцієнт корисної дії n змінюються разом із навантаженням, цей метод недостатньо точний.

Якщо:

1) потужність двигуна $P_н$ = 110 Вт;

2) номінальний коефіцієнт потужності, $cos\ \varphi$ = 0.77;

3) номінальний коефіцієнт корисної дії, КДД; n = 0,93.

Використаємо формулу розрахунку вихідної потужності двигуна

$$S_{\text{дв}} = \frac{P}{n \cdot \cos\varphi}$$

$$S_{\text{дв}} = \frac{110}{0{,}93 \cdot 0{,}77} = 1{,}53 \text{ кВА}$$

Значить номінальна потужність перетворювача не повинна бути менше 1,53 кВА.

До впровадження пропонується частотний перетворювач частоти VFC5610 110 Вт бренду Bosch Rexroth, параметри перетворювача що зображено у додатку

[А. 1] відповідають розрахованим параметрам. Ціна пропонованого ПЧ становить 137802 грн. Таким чином, термін окупності впровадження ПЧ складе від 1.5 до 3 місяців. З урахуванням строків ПНР і дисконтування термін окупності виросте, але складе не більше 5-9 місяців. Згодом можна розраховувати на економію 22314009,6 мільйонів грн. на рік. Додаткову економію можна буде отримати за рахунок зменшення зносу і підвищення надійності роботи насосної станції і трубопровідної системи.

Включення ПЧ в АСУТП дозволить оперативно відстежувати і управляти насосною станцією з центру диспетчеризації. Що в свою чергу дозволить вивільнити частину персоналу.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Характеристика потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів

У системі чиллерів знаходиться теплообмінник, який слугує для передачі теплоти від одного теплоносія к іншому. Сучасні кожухотрубні теплообмінники, оснащені трубками, профільованими таким чином, щоб зростання гідравлічного опору ненабагато перевищувало зростання тепловіддачі внаслідок застосування турбулізаторів потоку. Це досягається накаткою на зовнішній поверхні труби кільцевих або гвинтоподібних канавок, внаслідок утворення яких на внутрішній поверхні труби утворюються плавно окреслені виступи невеликої висоти, інтенсифікують тепловіддачу в трубах.

Серйозною проблемою є корозія теплообмінників, яка забруднює водопровідну воду, що користуються споживачі та може нанести непоправну шкоду організму людини. Для захисту від корозії застосовується газотермічне напилення трубних дощок, труб пароперегрівачів. Це відноситься тільки до кожухотрубних теплообмінників, виготовлених з вуглецевої сталі.

Електрокотел, який працює під напругою 250-380 В є резервним джерелом у системі. Єлектричний струм та напруга під якою він знаходиться можуть служити небезпечним та шкідливим фактором для життя людини. Тому для попередження шкоди організму людини треба дотримуватись правил користування електричним устаткуванням.

У випарнику ТН циркулює хладогент (фреон) R12. Це безбарвний газ без запаху. Застосовується в холодильних установках і агрегатах промислового і побутового призначення та промислових кондиціонерах. Також використовується як газовий діелектрик, пропілент (в суміші з фтортріхлорметаном), пароутворювач при отриманні пінопластів, розчинник, середа для хімічних процесів, реагент для хімічних синтезів, індикатор витоків при перевірці герметичності обладнання. Клас небезпеки 4. При зіткненні з полум'ям і гарячими поверхнями розкладається з утворенням високотоксичних продуктів. Негорючий газ. Флегматизує горіння

вуглеводнів. Мінімальна горюча об'ємна концентрація при горінні вуглеводнів в повітрі 14.9%. Термічне розкладання при часі контакту 1-10с починається: в трубі зі сталі 12Х18Н10Т при 520 ° С, з нікелю Н-1 при 580 ° С; при часі контакту 4доби в присутності сталі, міді і масла ХФ12-18 при 120 ° С.

Не дивлячись на ефективну теплоізоляцію бака-акумулятора , трубопроводів гарячої води в приміщенні виділяється тепло (>23 Вт/м^3), що створює в теплий період роки в залі котельні підвищену температуру до (28 ÷ 30 ^{0}С), що заважає віддачі тепла людським тілом при фізичній роботі в даному приміщенні.

3.2 Заходи щодо усунення шкідливих і небезпечних факторів

Щоб уникнути виникнення аварійної ситуації при роботі, систему сонячних колекторів та гарячого водопостачання оснащують приладами контролю, захисту, сигналізації і блокувань. Для запобігання витоку фреону R12 через зварні і болтові з'єднання і запірну арматуру газопровід в зборі проходить випробування на відповідність вимогам правил безпеки в газовому господарстві України.

Трубопроводи гарячої води підлягають гідравлічним випробуванням в зібраному вигляді під тиском $1{,}25P_{рабоч.} = 1{,}25 \cdot 0{,}7 = 0{,}87$ МПа.

Шум, що створюється при роботі бака-акумулятората і допоміжного устаткування електрокотла , класифікується:

- за характером спектру – широкосмуговий, тобто що має безперервний спектр шириною більше 1 октави;

- за тимчасовими характеристиками – постійний.

Гранично - допустимий рівень шуму при обслуговуванні обладнання складає 80 дБА.

Для захисту персоналу від поразки електричним струмом в мережі трифазної напруги застосовується захисне заземлення, опір якого не більше 4 Ом. Всі струмоведучі частини і дроти ізольовані. Опір ізоляції на ділянці не менше 500 кОм. Ізоляція устаткування (нового або встановленого після ремонту)

перевіряється перед пуском. Приймається захисне блокування, тобто відключення електроланцюга при аварійній ситуації з повним часом спрацьовування 0,2 секунди.

Для зменшення дії надмірних тепловиділень на людей, що працюють в котельному залі, особливо в теплу пору року, в приміщенні котельні застосовується загальнообмінна механічна припливна вентиляція по схемі «знизу-вгору», продуктивністю 7 об'ємів на годину.

3.3 Електробезпека

Як засоби індивідуального захисту від поразки електричним струмом в електромережах з напругою до 1000 В використовують: діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, гумові килимки, ізольовані підставки. Для захисту людини від поразки електричним струмом використовують захисне заземлення. Котельна відноситься до 1 категорії по надійності електропостачання.Обладнання , яке може бути небезпечним для життя людини при неправильному його використанні - це електрокотел, що є резервним джерелом для підігріву води у ГВП, підпиточний, циркуляційний насос, який прокачує рідину по системі.Також небезпечним джерелом можуть бути металеві труби, що з’єднують систему СК, які знаходяться на даху будинку.

Захист устаткування від короткого замикання здійснюється за допомогою автоматів, а від перенавантаження – тепловими реле. Система зовнішнього і внутрішнього освітлення живиться від внутрішніх мереж електропостачання.

По ступеню небезпеки поразки людей електричним струмом технічне приміщення, де встановлений електрокотел, відноситься до приміщень з підвищеною небезпечністю.

Воно характеризується наявністю в ньому умов, що створюють підвищену небезпеку: можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій, що

мають з'єднання із землею, технологічних апаратів, механізмів, з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування – з іншого.

Безпека електроустаткування забезпечується:

- ізоляцією струмоведучих частин і їх закриттям;

- блокуванням апаратів для запобігання помилкових операцій за допомогою автоматичних вимикачів АЕ 2000, заземленням корпусів електрообладнання і елементів установок, які можуть знаходитися під напругою.

Всі металеві частини електрообладнання, що не знаходяться під напругою, приєднуються до заземлюючого контуру. Як внутрішній контур заземлення використовуються металеві майданчики і сходи. Заземлення електроприймачів виконується сталевими трубами електропроводки, опір заземляючого пристрою не повинен перевищувати 4 Ом. На проводах комутаційних апаратів повинні бути чітко вказані положення «включено» і «відключено».

Спеціаліст, який обслуговує електроустановки, повинен мати кваліфікаційну групу не нижче 3-ої.

Йому слід чітко пам'ятати, що після зникнення напруги з обслуговуваної ними електроустановки, воно може бути подане знов без попередження, як в умовах нормальної експлуатації, так і в аварійних умовах. На місці роботи повинні бути відключені струмоведучі частини, на яких проводяться роботи, а також і ті, які можуть бути доступні дотику при виконанні роботи. Доступні дотику струмоведучі частини можна не відключати лише в тому випадку, якщо вони будуть захищені ізолюючими накладками. Відключення повинне проводитися так, щоб виділені для виконання роботи частини електроустановки були з усіх боків відокремлені від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, комутаційними апаратами або зняттям запобіжників. З фасадного і заднього боку щита шафи станції управління і шафи сигналізації повинні бути діелектричні гумові доріжки. Забороняється застосовувати невипробувані захисні засоби, термін чергового випробування яких закінчився.

На електроприводах, що мають автоматичне або дистанційне включення, повинен бути напис «Увага – включається автоматично!», «Увага – включається дистанційно!».

3.4 Виробнича санітарія

3.4.1 Природне і штучне освітлення

Гігієнічні вимоги до виробничого освітлення, засновані на психофізичних особливостях сприйняття світла і його впливу на організм людини, можуть міститися в наступному:

- спектральний склад світла, яке створене штучно повинен наближатися до сонячного;

- рівень освітленості повинен бути достатнім і відповідати гігієнічним нормам, які враховують умови зорової роботи;

- повинні бути забезпечені рівномірність і стійкість рівня освітленості в приміщенні, щоб запобігти частій переадаптації і втоми очей.

Природне освітлення в цеху здійснюється через віконні отвори. У світлий час доби одночасно використовують природне і штучне світло, таким чином, в приміщенні передбачають поєднане освітлення.

Види електроосвітлення:

- у приміщеннях розподільних пристроїв і ГВП – робоче і переносне;

- на майданчиках обслуговування електрокотла – робоче, переносне;

Напруга мережі освітлення ~ 220 В, переносного ~ 12 В ~ 36 В.

Освітленість робочих поверхонь при штучному освітленні складає 200 лк. Як джерела світла при штучному освітленні використані наступні світильники:

- з лампами розжарювання марок Б 215-225-100, НСП11×100-23443;

- з люмінесцентними лампами марок ПСПО2-2×40 и ЛБ- 40-1.

Передбачено аварійне освітлення, яке включається у разі аварії і живиться від автономної електростанції потужністю 4 кВт. Під час обслуговування обладнання, яке знаходиться в окремому приміщенні, необхідно пильно

слідкувати за дотриманням технологічних параметрів роботи установки. Розряд зорової роботи для цих умов приймаємо 4. Нормоване значення коефіцієнта природної освітленості з урахуванням характеру зорової роботи і світлового клімату в районі розташування будівлі визначається по формулі %

$$E_н = e \cdot m \cdot c = 1 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}95 = 0{,}855 \approx 0{,}9\%,$$

де e – коефіцієнт природної освітленості (к.е.о.), e=1%;

m – коефіцієнт світлового клімату (без урахування прямого сонячного світла), визначається залежно від району розташування будівлі,m=0,9;

c – коефіцієнт сонячності клімату (з урахуванням прямого сонячного світла), С=0,95.

3.4.2 Вентиляція

Роботи, що проводяться обслуговуючим персоналом в окремому приміщенні по енерговитратам можна віднести до другої категорії робіт, тобто фізична робота середньої тяжкості – пов'язана з ходьбою, така, що не вимагає перенесення тяжкості, або перенесенням невеликої тяжкості (до10кг).

У приміщеннях з надлишками явного тепла температура повітря допускається не більше ніж на 3 ^{0}С вище за середню зовнішню температуру найжаркішого місяця, але не більше 28 ^{0}С.

За допомогою вентиляції усувається шкідлива дія надмірного тепла на організм людини. Застосовується змішана (природна і механічна) загальнообмінна припливна вентиляція.

3.5 Засоби індивідуального захисту

Засоби захисту для інженерного технічного персоналу і робочих, що займаються експлуатацією і ремонтом тепловикористовуючих установок і теплових мереж наступні:

- захисні окуляри типу ЗП (закриті захисні окуляри з прямою вентиляцією), брезентові рукавиці типу Ми, Мп, Тп 100, протигази промислові, запобіжні пояси, страхуючі канати;

- тимчасові огорожі, попереджувальні плакати;

- гумові діелектричні рукавички (ТУ 38-10659-79), боти (ГОСТ 12.4.065-79), калоші, килимки, що ізолюють підставки.

Захисні засоби, що знаходяться в експлуатації і в запасі, зберігаються в умовах, що забезпечують їх справність і придатність до використання без попереднього відновного ремонту, тому захисні засоби повинні бути захищені від зволоження, забруднення і механічних пошкоджень.

3.6 Заходи щодо пожежної безпеки

Технічне приміщення, де встановлений електрокотел, відноситься до категорії Г – непожежобезпечне. Причиною пожежі можуть бути недоліки в будівельних конструкціях, плануванні комунікацій і приміщень; дефекти обладнання; порушення режимів технологічних процесів; неправильне проведення роботи; необережність і недбалість персоналу.

Комплекс протипожежних заходів включає:

- обмеження розповсюдження вогню при виникненні пожежі;

- попередження виникнення пожеж;

- евакуація людей з будівлі, що горить;

- забезпечення умов для швидкого гасіння пожеж.

У разі потреби евакуації людей з будівлі, що горить, передбачено 2 евакуаційних виходи. У разі виникнення пожежі для зовнішнього пожежогасіння використовується пожежний гідрант, а для внутрішнього – вогнегасники. В окремому приміщенні,де встановлений електрокотел, є один щит в комплексі з: пожежним рукавом, багрою, відром і вогнегасником типу ОУ-5. В операторській технічного приміщення є один вогнегасник типу ОПС-10 і один типу ОУ-5. Крім того, є по одному вогнегаснику типу ОУ-5 в кабінеті начальника технічного

приміщення. Вогнегасники типу ОУ-5 застосовуються при гасінні електроустаткування під напругою; ОПС-10 – у будь-якому випадку.

Також у технічному приміщенні існує система пожежної сигналізації і автоматики. Для пожежної сигналізації використовують теплові датчики.

Умови, що сприяють виникненню пожежонебезпечних ситуацій на об’єкті.

Завдання працівників охорони щодо їх профілактики.

1. Причини пожеж:

а) наявність у запобіжних пристроях електричних установок завищеного перетину;

б) експлуатація електричних нагрівальних приладів, встановлених поблизу горючих матеріалів.

Застосування електричних нагрівальних приладів заборонено: у складських приміщеннях; у невстановлених місцях.

2. Куріння, розпалювання вогнищ, спалювання сміття і відходів виробництва:

а) спалювання сміття, сухої трави, відходів виробництва на території бази відпочинку та у виробничих приміщеннях не дозволяється.

Їх слід вивозити в певні місця утилізації.

Куріння заборонено (крім відведених місць) на території бази відпочинку та у виробничих приміщеннях.

При курінні в кабінетах і службових приміщеннях для збору недопалків необхідно мати попільнички або урни з негорючих матеріалів.

Застосування паяльних ламп і смолоскипів для відігрівання замерзлих трубопроводів в пожежонебезпечних приміщеннях і в будівлях зі спалимими конструкціями, в період знижених температур не дозволяється.Зварювальні і газорізальні роботи в пожежонебезпечних місцях повинні проводитися після очищення робочих місць від горючих матеріалів у радіусі 5 метрів від зварювання; наявність первинних засобів пожежогасіння та наряду - допуску встановленого зразка. Після закінчення робіт за місцем їх ведення має бути встановлено спостереження.

Пожежна сигналізація буває автономного характеру або з виводом на пункт центрального спостереження. Як правило, датчики виявлення загорянь реагують на підвищення температури в захищеному приміщенні. При спрацьовуванні датчика звуко-світлове табло видає звукові або світлові сигнали. Почувши сигнал, потрібно з'ясувати причину його появи. Якщо він з'явився в результаті спалаху, то необхідно підняти тривогу, зателефонувати в пожежну охорону по телефону 101 і начальнику охорони. До прибуття пожежних підрозділів необхідно стримувати розвиток пожежі наявними засобами пожежогасіння - вогнегасниками, піском, відрами з водою та ін.

Будівля окремого технічного приміщення має захист від блискавки.

Дипломним проектом передбачено автоматичне відключення всіх систем при виникненні пожежі.

Витрата води на внутрішнє пожежегасіння прийнята два струмені по 2,5 л/с кожна.

Біля кожного пожежного щита слід встановити ящик з піском ємкістю не менше 0,5 $м^3$.

3.7 Розрахунок захисного занулення

Людина доторкнулася до фазного проводу трифазної мережі 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю

Треба визначити струм I_h, який проходить через людину.

3.7.1 Вихідні дані

Дано: $r_o = 4$ [Ом]

$R_h = 1000$ [Ом]

$r_{зм.} = 50$ [Ом]

3.7.2 Розрахунок струму,що проходить через людину

Струм I_h, мА, який проходить через людину визначаємо по формулі

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + r_o} = \frac{220}{1000 + 4} = 220$$

Струм, що проходить через людину, доторкується до фази трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю в період нормальної її роботи, практично не змінюється зі зміною опору ізоляції та ємності проводів відносно землі, якщо зберігається умова, що повні провідності проводів відносно землі дуже малі в порівнянні з провідністю заземлення нейтралі.

При аварійному режимі, струм, що проходить через людину визначаємо за формулою

$$I_h = 220 \cdot \frac{50 + 4\sqrt{3}}{50 \cdot 4 + 1000 \cdot (50 + 4)} = 232$$

При опорі землі, який дорівнює 50 Ом, струм буде дорівнює 232 мА. При цьому опорі, струм, що проходить через людину, перевищує допустиме значення 100 мА і є смертельним.

Дотик людини до справного фазного проводу мережі з глухозаземленою нейтраллю в аварійний період більш небезпечно, ніж при нормальному режимі.

Щорічно в багатьох країнах збитки від попадання блискавки у будівлі і споруди становить сотні мільйонів євро. Тільки високопрофесійній монтаж систем блискавкозахистом у відповідності з усіма технічними нормами зможе забезпечити повну надійність і безпеку. Основним завдання систем блискавкозахисту є уловлювання всіх потрапляючих у будівлю блискавок. Роботу цієї системи можна розділити на три основні етапи: уловлювання блискавки в місці попадання, токовідведення у грунт і заземлення. При цьому дуже важливим є уникнення теплових механічніх або електричних побічніх ефектів, тому що це може привести до пошкоджень конструкції об'єкта, що захищається від виникнення небезпечності для життя людей.

Система блискавкозахисту складається з:

1.Зовнішнього блискавкозахисту.

- Блискавкоприймач.

- Струмовідвід.

2. Заземлення внутрішнього блискавкозахисту:

- Вирівнювач потенціалів у системі блискавкозахисту.

- Найменша допустима відстань.

Якщо значення струму однофазного короткого замикання, I кз задовольняє значенню

$$I_{кз} \geq K \cdot I_{ном}$$

Для дійсного значення струму короткого замикання (Ікз), в якому дійсні значення опорів трансформатора і петлі фаза-нуль Zт і Zn складається арифметично

$$I_{ф} = \frac{U_{ф}}{Z_T / 3 + Zn}$$

Опір петлі фаза-нуль Zn складається з ряду послідовно включених опорів і дорівнює

$$Zn = \sqrt{(R_{ф} + R_{нз})^2 + (X_{ф} + X_{нз} + X_{п})^2}$$

Розрахункова формула має вигляд

$$кI_{ном} \leq \frac{U_{ф}}{\frac{Z_T}{3} + \sqrt{(R_{ф} + R_{нз})^2 + (X_{ф} + X_{нз} + X_{п})^2}}$$

Потужність трансформатора дорівнює 1000 [кВА]. Номінальна напруга обмоток вищої напруги дорівнює 10 [кВ]. По таблиці (Додаток № 2) [3] знаходимо для смуги перетином 50х4,

$$\text{при } \delta = 2{,}0 \left[\frac{A}{мм^2} \right],$$

$$r_{\omega} = 1{,}24 \left[\frac{Ом}{км}\right],$$

$$X_{\omega} = 0{,}74 \left[\frac{Ом}{км}\right],$$

де r_{ω} - активний опір сталевих провідників.Тоді, активний опір смуги $R_{нз.}$, $Ом$.

$$R_{нз.} = r_{\omega} \cdot l = 1{,}24 \cdot 0{,}2 = 0{,}248$$

Лінія 380/220В з мідними проводами 3х90 [мм^2] харчується від трансформатора, потужністю 1000 [кВ А].

Визначимо опір фазного і нульового захисного провідників Rф, Хф, Rн.з, Хн.з., Хп на ділянці лінії l = 200 [м]

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

Для міді ρ = 0,018 [Ом мм^2 / м]

$$R_{ф} = 0{,}018 \frac{200}{90} = 0{,}04$$

Оскільки фазний провід мідний, приймаємо Хф = 0

$$X_{н.з.} = X_{\omega} \cdot l = 0.74 \cdot 0.2 = 0{,}148,$$

де $X_{н.з.}$ - внутрішній індуктивний опір смуги

Зовнішній індуктивний опір 1 км петлі фаза-нуль приймаємо Хп = 0,6 [Ом / км], значить, Хп = 0,6 х 0,2 = 0,12 [Ом].

Знаходимо дійсні значення струму однофазного короткого замикання, $I_{к.з.}$, А, що проходить по петлі фаза-нуль при замиканні фази на корпус трансформатора

$$I_{к.з.} = \frac{220}{\frac{0{,}081}{3} + \sqrt{(0{,}04 + 0{,}248)^2 + (0 + 0{,}148 + 0{,}12)^2}} = \frac{220}{0{,}027 + 0{,}387} = \frac{220}{0{,}414} = 531$$

Оскільки дійсне (обчислене) значення струму однофазного КЗ (531 [А]) перевищує найменший допустимий за умовами спрацьовування захисту ток (400 [А]) нульовий захисний провідник обраний правильно, тобто вимикаюча здатність системи занулення забезпечена.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано комплексний аналіз заходів з підвищення енергетичної ефективності багатоквартирної житлової будівлі ОСББ «Ла Скала», розташованої в місті Запоріжжя. Актуальність дослідження зумовлена зростанням вартості енергоресурсів, необхідністю зменшення енергоспоживання житлового фонду України, підвищенням рівня комфорту проживання мешканців, а також реалізацією державної та муніципальної політики у сфері енергоефективності й сталого розвитку.

У процесі виконання роботи було проаналізовано сучасний стан енергоспоживання житлових будівель в Україні та визначено, що значна частина багатоквартирних будинків характеризується підвищеними тепловими втратами через застарілі огороджувальні конструкції, інженерні системи та недостатній рівень автоматизації управління споживанням енергоресурсів. Встановлено, що впровадження енергоефективних заходів у будинках ОСББ є одним із найбільш ефективних шляхів зниження витрат на утримання житла та підвищення його експлуатаційної надійності.

У ході дослідження проведено загальну характеристику багатоквартирної житлової будівлі ОСББ «Ла Скала», визначено її конструктивні особливості, технічний стан огороджувальних конструкцій і систем інженерного забезпечення. Проаналізовано фактичні показники споживання теплової та електричної енергії, що дозволило виявити основні джерела енергетичних втрат і визначити потенціал енергозбереження. Результати аналізу засвідчили, що найбільші теплові втрати припадають на зовнішні стіни, віконні та дверні блоки, а також на систему опалення без належного регулювання та балансування.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність впровадження комплексу енергоефективних заходів, спрямованих на зменшення тепловтрат будівлі та оптимізацію споживання енергоресурсів. До таких заходів віднесено утеплення зовнішніх огороджувальних конструкцій, заміну або модернізацію вікон і дверей у місцях загального користування, встановлення індивідуального

теплового пункту з погодним регулюванням, балансування системи опалення, впровадження енергоощадного освітлення та елементів автоматичного керування.

У результаті виконання дипломної роботи досягнуто поставленої мети та вирішено всі основні завдання дослідження. Отримані результати можуть бути використані в практичній діяльності ОСББ «Ла Скала» для планування та реалізації заходів з підвищення енергетичної ефективності, а також слугувати прикладом для інших об’єднань співвласників багатоквартирних будинків у місті Запоріжжя та інших регіонах України.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення детальних програм поетапної термомодернізації будівель ОСББ, аналіз можливостей залучення грантового та кредитного фінансування, а також оцінку ефективності використання відновлюваних джерел енергії в житловому секторі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинний від 2014-01-01. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 141 с.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – Київ : Мінрегіон України, 2021. – 46 с.
3. ДСТУ Б EN 12831:2017. Системи опалення в будівлях. Метод розрахунку теплового навантаження. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 78 с.
4. ДСТУ Б EN 15251:2011. Параметри внутрішнього мікроклімату будівель. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 52 с.
5. ДСТУ ISO 16813:2019. Проєктування будівель з урахуванням енергоефективності. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 33 с.
6. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 № 2118-VIII.
7. Закон України «Про житлово-комунальні послуги» від 09.11.2017 № 2189-VIII.
8. Directive (EU) 2010/31/EU of the European Parliament on the energy performance of buildings.
9. ASHRAE Handbook. Fundamentals. – Atlanta : ASHRAE, 2021. – 1000 p.
10. ASHRAE Standard 62.1-2022. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. – Atlanta : ASHRAE, 2022. – 84 p.
11. ASHRAE Standard 90.1-2019. Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. – Atlanta : ASHRAE, 2019. – 312 p.
12. CIBSE Guide B. Heating, Ventilating, Air Conditioning and Refrigeration. – London : CIBSE, 2016. – 450 p.
13. Awbi H. Ventilation of Buildings. – 2nd ed. – London : Taylor & Francis, 2003. – 520 p.
14. McDowall R. Fundamentals of HVAC Systems. – Oxford : Elsevier, 2007. – 324 p.

15. ASHRAE Handbook. HVAC Systems and Equipment. – Atlanta : ASHRAE, 2020. – 950 p.

16. Reay D., Ramshaw C., Harvey A. Process Intensification: Engineering for Efficiency. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2013. – 320 p.

17. Cengel Y., Ghajar A. Heat and Mass Transfer. – 6th ed. – New York : McGraw-Hill, 2020. – 960 p.

18. Kreider J., Curtiss P., Rabl A. Heating and Cooling of Buildings. – Boca Raton : CRC Press, 2010. – 900 p.

19. Olesen B. Radiant Heating and Cooling by Embedded Water-Based Systems // ASHRAE Journal. – 2012. – Vol. 54, No. 8. – P. 16–25.

20. Etheridge D., Sandberg M. Building Ventilation: Theory and Measurement. – Chichester : Wiley, 1996. – 541 p.

21. European Committee for Standardization. EN 15316. Heating systems in buildings. – Brussels : CEN, 2018.

22. Kalamees T., Korpi M., Eskola L. Energy Performance of Residential Buildings // Energy and Buildings. – 2018. – Vol. 165. – P. 180–190.

23. Pérez-Lombard L., Ortiz J., Pout C. A review on buildings energy consumption // Energy and Buildings. – 2008. – Vol. 40. – P. 394–398.

24. Cao X., Dai X., Liu J. Building energy-consumption status worldwide // Energy and Buildings. – 2016. – Vol. 128. – P. 198–209.

25. Kurnitski J. Energy Efficient Ventilation Systems. – London : Springer, 2013. – 180 p.

26. European Environment Agency. Energy Efficiency in Buildings. – Luxembourg : Publications Office, 2020. – 64 p.

27. IEA. Energy Efficiency 2022. – Paris : International Energy Agency, 2022. – 143 p.

28. REHVA Guidebook No. 20. HVAC Systems for Energy Efficient Buildings. – Brussels : REHVA, 2019. – 120 p.

29. REHVA Guidebook No. 25. Heat Pumps in HVAC. – Brussels : REHVA, 2020. – 110 p.

30. Wang S., Ma Z. Supervisory and Optimal Control of Building HVAC Systems. – London : Springer, 2008. – 300 p.

31. Liu Z., Wittchen K. Heat Consumption in Multi-apartment Buildings // Energy and Buildings. – 2019. – Vol. 199. – P. 238–247.

32. Szokolay S. Introduction to Architectural Science. – Oxford : Elsevier, 2014. – 360 p.

33. Henze G. Energy and Cost Optimization of HVAC Systems. – New York : Wiley, 2005. – 310 p.

34. ISO 52000-1:2017. Energy performance of buildings. – Geneva : ISO, 2017.

35. ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment. – Geneva : ISO, 2005.

36. CIBSE Guide A. Environmental Design. – London : CIBSE, 2015. – 380 p.

37. Heiselberg P. Principles of Hybrid Ventilation. – Aalborg : Aalborg University Press, 2006. – 250 p.

38. Yang L., Yan H., Lam J. Thermal comfort and energy consumption // Applied Energy. – 2014. – Vol. 115. – P. 164–173.

39. U.S. Department of Energy. Building Energy Codes Program. – Washington, 2021.

40. European Commission. Heating and Cooling Strategy. – Brussels, 2016.

41. Базєєв Є. Т., Шаповал С. М. Опалення та вентиляція житлових будівель : навч. посіб. – Київ : КНУБА, 2018. – 212 с.

42. Жук В. Я., Дехтяренко О. П. Енергоефективні системи теплопостачання будівель. – Київ : Основа, 2019. – 256 с.

43. Запорожець О. І., Кравченко В. М. Теплотехніка та тепломасообмін у будівництві. – Харків : ХНУБА, 2017. – 198 с.

44. Левченко О. М. Системи опалення та вентиляції : конспект лекцій. – Львів : НУЛП, 2016. – 164 с.

45. Пахомов В. І., Мельник О. Ю. Енергозбереження в житлово-комунальному господарстві. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2020. – 240 с.

46. Савченко О. П. Енергоефективність будівель і споруд : навч. посіб. – Київ : Кондор, 2021. – 280 с.

47. Козак Ю. Г., Пашинський В. В. Інженерне обладнання будівель. – Тернопіль : ТНТУ, 2018. – 312 с.

48. Шульга О. С. Системи вентиляції цивільних будівель. – Київ : Освіта України, 2015. – 190 с.

49. Даниленко В. М. Тепловий режим та мікроклімат житлових будівель. – Київ : Будівельник, 2014. – 176 с.

50. Марченко І. В., Кучеренко А. В. Енергетичний аудит будівель : методичні рекомендації. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 96 с.

51. Костюк О. М. Підвищення енергоефективності багатоквартирних будинків. – Київ : Держенергоефективності, 2019. – 88 с.

52. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Методичні рекомендації з термомодернізації житлових будівель. – Київ, 2018. – 64 с.

53. Бондаренко М. І. Сучасні системи теплопостачання будівель // Будівельні конструкції. – 2017. – № 3. – С. 45–52.

54. Кравченко О. О. Аналіз ефективності систем опалення житлових будинків // Енергоефективність у будівництві. – 2020. – № 2. – С. 21–27.

55. Мельничук В. П. Інженерні системи та обладнання будівель. – Луцьк : ЛНТУ, 2016. – 230 с.

56. Шевченко С. І. Теплопостачання та вентиляція багатоповерхових будинків. – Харків : Форт, 2015. – 204 с.

57. Олійник О. В., Петренко І. С. Системи регулювання теплової енергії в будівлях // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2019. – № 2. – С. 98–104.

58. Іваненко П. О. Енергоефективні рішення в системах опалення ОСББ // Комунальне господарство міст. – 2021. – Вип. 5. – С. 112–118.

59. Кузьменко Д. Л. Автоматизація інженерних систем будівель. – Київ : КНУБА, 2020. – 186 с.

60. Мінрегіон України. Практичний посібник з модернізації систем опалення в житлових будинках. – Київ, 2019. – 72 с.