

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М.ПОТЕБНІ**

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження сучасних шляхів підвищення енергоефективності
житлового будинку по вул. Запорізька 2А м. Запоріжжя

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.1440

спеціальності теплоенергетика

(код і назва спеціальності)

освітньої програми теплоенергетика

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

_____ А.В. Калюжна

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., проф. Чейлитко А.О.

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

Рецензент Сумін О.О.

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

Запоріжжя

2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 144 Теплоенергетика

(код та назва)

Освітня програма Теплоенергетика

(код та назва)

Спеціалізація _____

(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« 01 » грудень 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Калюжній Анастасії Владиславівні

(прізвище, ім'я, по батькові)



Тема роботи (проекту) Дослідження шляхів підвищення енергоефективності житлового будинку по вул. Запорізька 2А м. Запоріжжя
керівник роботи Чейлитко Андрій Олександрович, д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «30» червня 2021 року №974-с

1. Строк подання студентом роботи 06 грудня 2021р.
2. Вихідні дані до роботи: габаритні розміри будівлі, кондиціонування площа будівлі, матеріал стін.
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз енергетичного ринку України, аналіз енергетичних показників об'єкта, розрахунок енергопотреби, розрахунок енергоспоживання при опаленні, ГВП та вентиляції, дослідження шляхів підвищення енергоефективності житлового будинку.

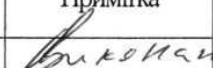
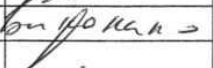

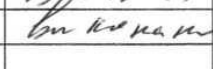
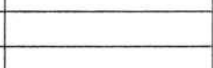
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
типовий план поверху, схема вікон на фасаді.

Консультанти розділів роботи

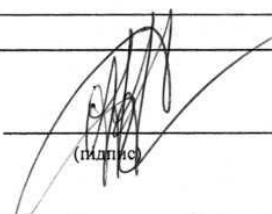
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Чейлитко А.О.		
2	Чейлитко А.О.		

5. Дата видачі завдання 05 травня 2021 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок енергопотреб та енергоспоживання	10.06.2021	
2	Аналіз енергетичного ринку України	01.09.2021	
3	Дослідження шляхів підвищення енергоефективності житлового будинку	20.10.2021	
4	Оформлення роботи	01.12.2021	
5	Підготовка презентації та доповіді	10.12.2021	

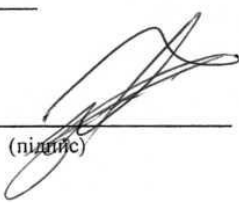
Студент


(підпис)

А.В. Калюжна

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

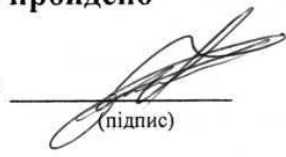

(підпис)

А.О. Чейлитко

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


(підпис)

А.О. Чейлитко

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

А.В. Калюжна. Дослідження шляхів підвищення енергоефективності житлового будинку по вул. Запорізька 2А м. Запоріжжя.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник: доктор технічних наук, професор Чейлитко А.О. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім.Ю.М.Потебні, кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2021.

У кваліфікаційній роботі магістра розглядалися і досліджувалися сучасні методи розрахунку енергопотреби та енергоспоживання житлового будинку. Проводились розрахунки загального коефіцієнту теплопередачі трансмісією, розрахунок внутрішніх теплових надходжень, розрахунок теплової енергії на вентиляцію. Проводився аналіз енергетичного ринку України та аналіз енергетичних показників об'єкта. На підставі знайденої інформації проводиться дослідження сучасних шляхів підвищення енергоефективності житлового будинку. Було представлено обрані заходи з підвищення енергоефективності.

В роботі застосовано сукупність систематизованих прийомів і засобів наукового пошуку в теплофізиці. Методи дослідження: аналітичний, енергетичний та техніко-економічний аналізи. Зроблено висновки.

Ключові слова: ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНЕРГОПОТРЕБА, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.

ABSTRACT

A.V. Kaliuzhna. Research of energy efficiency improvement methods of the apartment building located at the address: 2a, Zaporiz'ka Street, Zaporizhzhia.

Qualifying final work for obtaining a Master's degree in the specialty 144 – Thermal Power Engineering, supervisor Doctor of Technical Sciences, Professor A.O. Cheilytko, Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Y.M. Potebny, Department of Thermal Power Engineering and Hydro Power Engineering, 2021.

The qualifying Master's work considered and researched the modern methods of calculation of energy needs and energy consumption of the apartment building. Calculations of the total heat transfer coefficient by transmission, calculation of internal heat inputs, calculation of heat energy for ventilation were performed. The analysis of the energy market of Ukraine and the analysis of energy indicators of the object were performed. On the basis of the found information the research of modern energy efficiency improvement methods of the apartment building is carried out. Selected measures of improving the energy efficiency were presented.

The set of systematized methods and means of scientific research in thermophysics is used in the work. Research methods: analytical, energy and technical and economic analyzes. Conclusions are made.

Key words: ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY NEEDS, ENERGY CONSUMPTION.

ЗМІСТ

1 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОПОТРЕБИ ТА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ПО ВУЛИЦІ ЗАПОРІЗЬКА 2А М. ЗАПОРІЖЖЯ .	10
1.1 Аналіз енергетичного ринку України	12
1.2 Аналіз енергетичних показників об'єкта, який досліджується.....	15
1.3 Розрахунок енергопотребити житлового будинку	28
1.3.1 Розрахунок загального коефіцієнту теплопередачі трансмісією	28
1.3.2 Розрахунок внутрішніх теплових надходжень	35
1.3.3 Характеристика сонячних теплонадходжень.....	35
1.3.4 Розрахунок теплової енергії на вентиляцію	40
1.3.5 Динамічні параметри	41
1.3.6 Внутрішні умови	42
1.3.7 Розрахунок енергопотребити для опалення та охолодження.....	42
1.4 Розрахунок енергоспоживання при опаленні та ГВП	44
1.4.1 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі/виділення.....	44
1.4.2 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми розподілення ..	45
1.4.3 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми виробництва/генерування теплоти.....	46
1.4.4 Загальне енергоспоживання при опаленні	47
1.5 Розрахунок енергоспоживання при вентиляції.....	49
1.6 Розрахунок енергопотребити та енергоспоживання ГВП	49
2.1 Енергопаспорт будівлі	53

2.2 Аналіз сучасних шляхів підвищення класу енергоефективності житлового багатоквартирного будинку	57
2.3 Обрані заходи з підвищення енергоефективності будівлі	70
2.4 Обрані заходи з підвищення енергоефективності інженерних мереж....	74
ВИСНОВКИ	81
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	82

ВСТУП

Актуальність роботи. Проблеми незадовільного існуючого стану житлово-комунального сектору, набувають пріоритетності для дослідження та впровадження сучасних методів та технологій з підвищення рівня енергетичної ефективності. На сьогоднішній день в Україні існує величезна кількість застарілих будівель, які вже давно не відповідають нормам та стандартам енергоефективності. Очевидно, що проживання в таких будівлях в комфортних умовах відходить на другий план і на перший план виходить необхідність вирішення цієї проблеми. Першочерговими заходами в цьому напрямі було прийняття різних директив та стратегій розвитку Україною в рамках політики енергоефективності та енергозбереження.

Робота передбачає дослідження різних шляхів для підвищення енергоефективності житлового будинку в Україні.

Об'єкт дослідження – житловий багатоквартирний будинок по вулиці Запорізька 2А м. Запоріжжя.

Предмет дослідження – розрахунок енергопотреб, енергоспоживання житлового будинку та дослідження шляхів підвищення енергоефективності.

Мета роботи – дослідити шляхи підвищення енергоефективності житлового будинку.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

- аналіз літературних джерел за тематикою дослідження;
- розрахунок енергопотреб житлового будинку;
- розрахунок енергоспоживання житлового будинку;
- дослідження шляхів підвищення енергоефективності житлового будинку;

- техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів з енергозбереження.

Методи та засоби дослідження. В роботі застосовано сукупність систематизованих прийомів і засобів наукового пошуку в теплофізиці. Методи дослідження: аналітичний, енергетичний та техніко-економічний аналізи.

Практична цінність роботи. Представлені заходи з енергозбереження допоможуть оптимізувати будинок.

Апробація роботи. Результати роботи представлені на загальноуніверситетській конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2020», I Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» 19-21 жовтня 2021 р., Всеукраїнській науково-практичної конференції "Інноваційний розвиток сучасної економіки: нові підходи та актуальні дослідження, 2021", Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції "Математика та інформатика у вищій школі: виклик сучасності, 2021", Міжнародній науково-практичній конференції "Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону, 2021".

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, два розділи, висновки та перелік джерел посилань з 51 позиції. Загальний обсяг складає 88 сторінки, 12 рисунків, 13 таблиць.

1 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОПОТРЕБИ ТА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ПО ВУЛИЦІ ЗАПОРІЗЬКА 2А М. ЗАПОРІЖЖЯ

Енергоспоживання багатоповерхових будівель в Україні знаходиться на рівні нижче, ніж в інших країнах Європи. Людина рідко дотримується необхідних норм для економного енергоспоживання і тим самим неефективно використовує енергію та паливо, що призводить до відключення електропостачання, нерегулярного забезпечення водопостачання, низької якості, поступово руйнується інфраструктура паливно-енергетичного комплексу та комунальних підприємств водо- і тепlopостачання. Всі ці фактори можуть призвести до техногенних катастроф, тому вирішення проблем з енергетичної ефективності житлових будівель допоможе Україні вийти з економічної та енергетичної кризи.

Енергозбереження – це реалізація правових, організаційних, наукових, технічних і економічних мір, які направлені на раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів та на залучення в господарський оборот поновлювальних джерел енергії.

В основі енергозбереження лежать наступні причини:

- енергозабезпечення пов'язане з величезними фінансовими, матеріальними і трудовими затратами;
- видобуток, виробництво, транспортування і споживання паливно-енергетичних послуг чинять негативний вплив на навколишнє середовище;
- збільшення об'єму споживання енергоресурсів підприємством викликає збільшення вартості продукції, що випускається, а, отже, зниження її конкурентоспроможності на ринку.

Основним нормативним документом в Україні являється ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель» [1].

В Запоріжжі працюють над декількома напрямками для більшого енергозбереження і енергоефективності – це термомодернізація будівель, використання альтернативних джерел енергії, скорочення споживання електроенергії для зовнішнього освітлення міста.

Найважливішою ціллю енергозбереження є створення комфортних умов в приміщені при мінімальних затратах енергоресурсів. І почати потрібно з обліку теплової енергії. Це допоможе розрахувати фактично спожиту кількість тепла, а також зайнятися зниженням його споживання.

Основним способом економії енергії є автоматичне регулювання температури теплоносія в системі опалення, що дозволить підтримати оптимальну температуру в квартирах при постійній зміні температури зовнішнього повітря (економія до 30 % тепла в перехідний період).

Велика частина теплової енергії опалювальної системи йде на те, щоб перекрити втрати тепла. Такі як: втрати через не утеплені вікна і двері 40 %, втрати через шибки 15 %, втрати через стіни 15 %, втрати через стелі й підлоги, втрати при користуванні гарячою водою 23 %.

Для енергозбереження потрібно прийняти наступні заходи [2]:

- заміна покриття даху та утеплення горищного приміщення;
- ізоляція стелі підвалу;
- ізоляція трубопроводів опалення в підвалах будинків;
- заміна вікон і балконних дверей;
- скління балконів і лоджій;
- оновлення вхідних дверей, під'їзду та сходових прольотів;
- застосування вікон з відведенням повітря з приміщення через міжскляний простір;
- установка провітрювачів і застосування мікрорентильяції;
- встановлення додаткових тамбурів при вхідних дверях під'їздів і в квартирах.

Досвід розвинутих країн показує, що на сучасному рівні розвитку втрати теплоти в будівлях можна зменшити більш ніж на 35 %.

1.1 Аналіз енергетичного ринку України

Згідно з [3] забезпечення енергетичної ефективності та впровадження енергоресурсозберігаючих технологій є стратегічною задачею для економіки України. Будь-який проект з підвищення енергоефективності багатоквартирного будинку передбачає впровадження енергозберігаючих заходів, які забезпечують суттєве скорочення споживання енергоресурсів. Актуальність таких проектів значною мірою підвищується на тлі постійного зростання вартості енергоносіїв. Використання сучасних енергоефективних електропобутових приладів дозволяє суттєво зменшити споживання електричної енергії у житлових будинках. Енергозберігаючі технології дозволяють звести до мінімуму нераціональні витрати електроенергії, що сьогодні є одним з пріоритетних напрямків на різних рівнях її виробництва, передачі і споживання. Актуальність питання пов'язана з дефіцитом основних енергоресурсів, зростаючою вартістю їх видобутку, а також з глобальними екологічними проблемами. Зростання питомої ваги побутових електроспоживачів, зокрема житлових будинків, у загальному споживанні електричної енергії зумовлює увагу дослідників до пошуку шляхів енергозбереження у розподільних мережах житлових будинків. Суттєвих результатів можна досягти шляхом зменшення нераціонального електроспоживання електрообладнанням квартир [4].

На даний час на енергетичному ринку недостатньо постачальників послуг, що мають досвід, необхідний для надання послуг з розробки продуктів програмного забезпечення та ІТ для енергоефективності та попередньої оцінки сертифікації будівель за міжнародними стандартами (LEED, BREEM та інші). У той же час, ці послуги та пов'язані з ними

енергоефективні заходи вважаються досить дорогими, тому потенційні клієнти не прагнуть реалізовувати їх в першу чергу. Проте потенціал розвитку цих послуг досить високий, оскільки попит, швидше за все, зростатиме разом із загальним розвитком ринку ЕЕ послуг. Тому для постачальників послуг з енергоефективності дані види діяльності можуть бути потенційно цікавими для розвитку [5].

В Україні все більше з'являється законів, які допоможуть людям економити свої гроші, а будинки робити енергоефективними.

Так, з першого серпня 2020 року в Україні відкрито ринок газу для населення, що дає можливість споживачам самим вибирати постачальника з ряду компаній за більш вигідною ціною. Також споживачі мають право вибирати, як платити за газ: одні постачальники пропонують змінювати ціну кожен місяць, другі фіксують ціну на рік, а треті пропонують зручні онлайн-платежі та послуги підтримки клієнтів. За законом України споживач має право змінити постачальника газу, для цього необхідно розірвати договір з поточним постачальником та заключити з новим. Таких постачальників в Україні більше 700, частина з яких постачає газ тільки населенню, частина – тільки бізнесу. За якість газу та за доставку відповідає оператори газорозподільних мереж. На сьогодні компаній, які готові продавати газ населенню, приблизно 50 [6].

Нажаль, в Україні поки немає єдиного сервісу, де можна було б порівняти пропозиції різних постачальників. Найпевніше, він з'явиться трохи пізніше, в процесі подальшого розвитку газового ринку. Проте експерти переконують: клієнтам не варто перейматись, нові постачальники самі знайдуть їх, бо зацікавлені залучити споживачів та продавати їм більше газу.

Станом на 28.05.2021 р. найнижчі ціни запропонували Агросинтез з ціною 7,80 грн за кубометр. Евода Трейд КП Луцькводоканал з ціною 7,88 грн за кубометр, Черкасигаз Збут і Уманьгаз Збут з ціною 7,89 грн за

кубометр, а також ГК Нафтогаз України з ціною 7,96 грн за кубометр. Запоріжгаз збут» пропонує 7,99 грн за кубометр. Ще понад 20 постачальників продаватимуть клієнтам з річними тарифними планами кубометр палива за ціною від 9,20 грн і до 13,50 грн. Тим часом місячні ціни, які компанії пропонують на червень, коливаються від 7,80 і до 12 грн за кубометр [7].

На ринку електроенергетики в Україні представлені всі електростанції за такими видами:

- теплові електростанції, які для роботи використовують тверде, рідке або газоподібне паливо. Також серед них виділяють конденсаційні і теплоелектроцентралі;
- гідравлічні працюють на водні ресурси і діляться на гідроелектростанції, гідростимуляційні і припливні;
- атомне базуються на роботі з використанням збагаченого урану або інших радіоактивних елементів;
- електростанції з використання нетрадиційних джерел енергії.

АЕС і ТЕС в загальній структурі ринку електроенергетики займають близько 90 %, ГЕС – близько 6 %. Такий маленький відсоток гідроелектростанцій обумовлюється технічним станом діючих ГЕС, характеризується значно або цілком зношеним основним гідросиловим, гідротехнічних та електротехнічним обладнанням; наявністю несправностей у спорудженнях напірного фронту, які можуть стати причиною виникнення аварійних ситуацій; запиленням водосховищ; ростом забору води на енергетичні потреби; розмивами кріплень водостічних і берегових ділянок нижнього б'єфу і т.д [8].

До вступу в силу Закону України «Про ринок електричної електроенергії» (дійсного від 01.07.2019 р.) [9] в Україні торгівля електроенергією була монополізована державою. Єдиним оптовим трейдером виступало ДП «Енергоринок». Після 1 липня 2019 на

підприємство були покладені функції щодо здійснення заходів з погашення кредиторської та дебіторської заборгованості, яка утворилася на оптовому ринку електричної енергії України.

У той же час, можливість здійснення експорту електроенергії з України контролюється національної енергетичної компанією «Укренерго» на основі аукціону. З доступом на ринок електроенергії приватних гравців, що бажають організації подали заяви на отримання ліцензії для торгівлі електроенергією в НКРЕПКП.

На ринку електроенергії представлені як державні компанії, так і приватні. Приватні можна розділити на ті, які були створені основними електрогенеруючими компаніями, які є дочірніми підприємствами міжнародних компаній, або ж ті, які раніше здійснювали торгівлю іншими енергетичними ресурсами.

У той час як теплові електростанції скорочують свої потужності, через економічну недоцільність виробництва, на ринку гідро електроенергетики спостерігається зростання.

Обсяг виробництва електричної енергії в 2019 році досяг 153 964 800 000. кВт·год, що на 5 385 800 000. кВт·год або на 3,4 % менше в порівнянні з 2018 роком [10].

1.2 Аналіз енергетичних показників об'єкта, який досліджується

Для підвищення енергоефективності будівлі, вибору та економічного обґрунтування заходів з енергозбереження попередньо потрібно виконати енергетичний аудит, що включає: збір та аналіз інформації щодо споживання паливно-енергетичних ресурсів; обстеження будівлі, стану її зовнішніх огорожувальних конструкцій та інженерних мереж; визначення базового рівня енергоспоживання; уточнення геометричних, теплотехнічних та енергетичних показників; проведення необхідних

вимірів основних параметрів та інженерних розрахунків; виконання тепловізійної зйомки будівлі з використанням спеціалізованого обладнання; розробку пропозицій щодо заходів на основі сучасних методів регулювання теплоспоживання та обґрунтування вибору устаткування з метою зменшення теплових втрат та скорочення обсягів споживання енергоресурсів за двома пакетами «Оптимальний» та «Максимальний»; техніко-економічні розрахунки з визначенням економії енергії та грошових коштів на енергозабезпечення, простого та дисконтованого терміну окупності, IRR, NPV, NPVQ; екологічний ефект від комплексної термомодернізації [11].

Для багатоквартирних будинків на замовлення та за рахунок власника будинку, житлово-будівельного кооперативу, об'єднання співвласників багатоквартирного будинку, управителя багатоквартирного будинку проводиться процедура сертифікації. За результатами виконаної роботи енергоаудитора складається енергетичний сертифікат, у якому зазначена інформація стосовно класу та інших показників енергоефективності будівлі. Даний документ має бути розміщений у доступному місці для мешканців будинку. Енергетичний сертифікат будівлі має термін дії 10 років. Якщо було створено новий сертифікат, старий автоматично втрачає чинність [12].

У [13] проаналізовано загальні відомості про енергетичну ефективність будівель, алгоритм складання енергопаспорту, методика, за якими визначають клас енергетичної ефективності будівлі. Представлено зразок енергетичного сертифікату та дані, які він містить. Розглянуто річні витрати теплоти на потреби споживачів: з чого вони складаються та як розраховуються. Визначено методи та шляхи забезпечення підвищення енергетичної ефективності житлових будівель. Розкрито різні варіанти фінансування заходів з енергозбереження для житлово-комунального

сектору для об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) та житлово-експлуатаційної контори (ЖЕК).

Енергетична ефективність будівель може забезпечуватися шляхом:

1. підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель;
2. встановлення засобів обліку (в тому числі засобів диференційного (погодинного) обліку споживання електричної енергії) та регулювання споживання енергетичних ресурсів;
3. впровадження автоматизованих систем моніторингу і управління інженерними системами;
4. підвищення енергетичної ефективності інженерних систем будівлі;
5. використання відновлюваних та/або альтернативних джерел енергії та/або видів палива (з використанням інженерних систем будівлі);
6. застосування систем акумуляційного електронагріву в години мінімального навантаження електричної мережі.

Житлові будинки не будуються, і ніколи не будувалися, для того, щоб споживати енергію: їх призначення – дати людям дах над головою, створити нормальні та комфортні умови проживання. Споживання енергії є побічним наслідком: щоб забезпечити такий комфорт, будинкам потрібна енергія. Через це, перша і надзвичайно важлива тема у сфері енергоаудиту полягає в тому, щоб зрозуміти поняття теплового комфорту, а також яка енергія необхідна для його забезпечення.

Оболонка будівлі складається з цокольного приміщення, стін, вікон, дверей та даху. На неї припадають основні енергетичні втрати будівлі. Решта енергії втрачається через отвори та вентиляційні канали, які дозволяють тепловому повітрю виходити, а холодному – заходити в приміщення (або ж спеціально – через вентиляцію, або неконтрольовано – через отвори та тріщини). Ця втрачена енергія має компенсуватися системою опалення. Рівень теплонадходження залежить від:

- різниці температур між приміщенням і вулицею;
- теплоізоляційних властивостей оболонки будівлі;
- кількості свіжого повітря, яке надходить до будівлі через контрольовану вентиляцію або нещільні вікна, двері чи стики в стінах.

Об'єкт розрахунку – житловий будинок, що запроектований у м. Запоріжжя за адресою вул. Запорізька, буд. 2-А, введений в експлуатацію у 1992 р. Будинок двохсекційний, має 9 житлових поверхів, технічне підпілля та холодне горище. Загальна кількість квартир – 72. Загальна висота будинку 24,5 м. Висота типового поверху 2,5. У будинку передбачено дві сходові клітки та два підйомних ліфти. План типового поверху наведено на рисунку 1.1. Орієнтація будівлі – за основними напрямками (фасад будівлі з головним входом, який орієнтовано на північний схід). Відноситься до II температурної зони регіону.



Рисунок 1.1 – План типового поверху

Площі зовнішніх огорожень будівлі наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Площі зовнішніх огорожень будинку

Вид огорожувальної конструкції	Загальна площа, м ²
Зовнішні стіни	1347,5
Суміщене покриття	707,3
Покриття холодного горища	-
Перекрыття над техпідпіллям	707,3
Світлопрозорі конструкції, в т.ч. (світлопрозорі конструкції, що знаходяться за зашкеленими балконами та лоджіями), орієнтовані на:	95,76
	32,76
	33,536
	75,6
північний схід	
південний захід	131,04
	151,2
південний схід	183,024
північний захід	183,024
Вхідні двері в будинок	4,4

Кондиціонована площа будівлі становить $A_f = 3629,57 \text{ м}^2$.

Розміри будинку представлені на рисунку 1.2



Рисунок 1.2 – Розміри будинку

Розрахунок блоків віконних та дверних з деревини, пластмас і металевих сплавів, які призначені для встановлення у будинках і спорудах різного призначення та поверховості розраховують за стандартом ДСТУ Б В.2.6-23:2009 [14].

Вікно – елемент стінової або покрівельної конструкції, призначений для сполучення внутрішніх приміщень із навколишнім середовищем, природного освітлення приміщень, їх вентиляції, захисту від атмосферних, шумових впливів і який складається з віконного прорізу з косяками, віконного блока, системи ущільнення, монтажних швів, підвіконня, деталей зливу і облицювань.

Двері – елемент стінової конструкції, призначений для сполучення внутрішніх приміщень із навколишнім середовищем або між собою, захисту від атмосферних і шумових впливів і який складається з дверного прорізу з косяками, дверного блока, системи ущільнення, монтажних швів, наличників

Блоки віконні складаються з рамочних елементів (коробок, стулок, полотен, кватирок, фрамуг). Кутові з'єднання рамочних елементів виконують на шипах і клеї, зварюванням, механічними зв'язками або іншим способом. Конструктивні рішення кутових з'єднань наводять у стандартах на конкретні види блоків віконних. Конструктивне рішення блоків віконних повинне передбачати можливість провітрювання приміщень за допомогою кватирок, фрамуг, стулок з поворотно-відкидним (відкидним) відчиненням, яке регулюється, клапанних стулок або вентиляційних клапанів. Рекомендується застосовувати у конструкціях блоків віконних пристроїв для регулювання температурно-вологісного режиму: кліматичних клапанів і систем самовентиляції.

У якості світлопрозорої частини блоків віконних використовують листове скло згідно з ДСТУ Б В.2.7-122 [15], скло загартоване згідно з ДСТУ Б В.2.7-110 [16], склопакети згідно з ДСТУ Б В.2.7-107[17].

Конструкція блоків віконних повинна передбачати можливість встановлення не менше двох контурів ущільнення у притулах (для блоків віконних, призначених для експлуатації у неопалюваних приміщеннях, допускається застосування конструкцій з одним контуром ущільнення). Конструкція блоків віконних повинна забезпечувати можливість заміни листового скла, склопакетів, віконних приладів, ущільнювальних прокладок без порушення цілісності деталей вікна.

Застосування глухих стулок (які не відчиняються) у блоках віконних приміщень житлових будинків вище першого поверху не допускається, крім стулок, що не перевищують 400 мм x 800 мм, а також у блоках віконних, які виходять на балкони (лоджії) за наявності у таких конструкціях пристроїв для провітрювання приміщень. Можливість застосування глухих стулкових елементів блоків віконних в інших видах приміщень встановлюють у проектній документації на будівництво. Повороті, підвісні, відкидні і поворотно-відкидні стулки блоків віконних, призначених для житлових будинків, повинні відчинятися всередину приміщення. Відчинення назовні допускається у блоків віконних, які виходять на балкони (лоджії) або встановлені у приміщеннях першого поверху. Блоки віконні повинні бути обладнані віконними приладами і завісами, які забезпечують регулювання зазорів у притулах, фіксаторами відчинення, які дозволяють регулювати кут відчинення стулкових елементів (у тому числі у положенні щільного провітрювання), підкладками для вирівнювання зазорів у притулі. При поворотно-відкидному способі відчинення у конструкції приладів відчинення необхідно передбачити захист від помилкових дій при переведенні стулок віконних з режиму відчинення стулок у режим провітрювання і назад та використанні обмежувача кута відчинення стулки.

На рисунку 1.3 бачимо, що 78 % світлопрозорих конструкцій – це нові металопластикові вікна. І лише 22 % – це старі дерев'яні вікна. 50 %

балкони змінено на нові вікна та 50 % – старі дерев'яні конструкції.
Позначки фіолетового кольору – це старі вікна на сходовому майданчику.

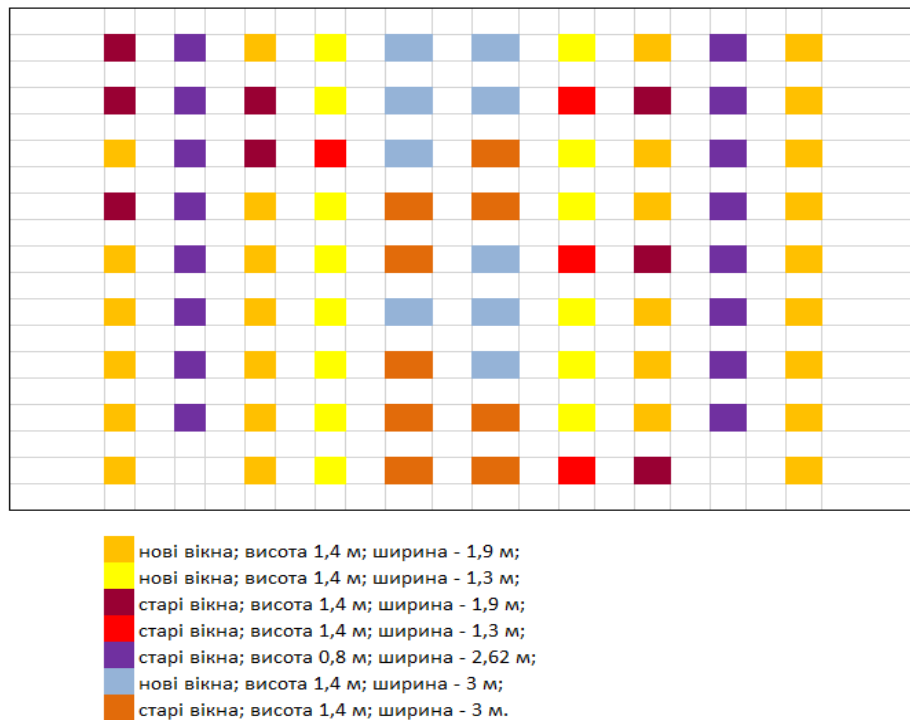


Рисунок 1.3 – Світлопрозорі конструкції орієнтовані на північний схід

На рисунку 1.4 видно, що 82 % світлопрозорих конструкцій – це нові металопластикові вікна. І лише 18 % – це старі дерев'яні вікна. 67 % лоджій змінено на нові вікна та 33 % – старі дерев'яні конструкції.

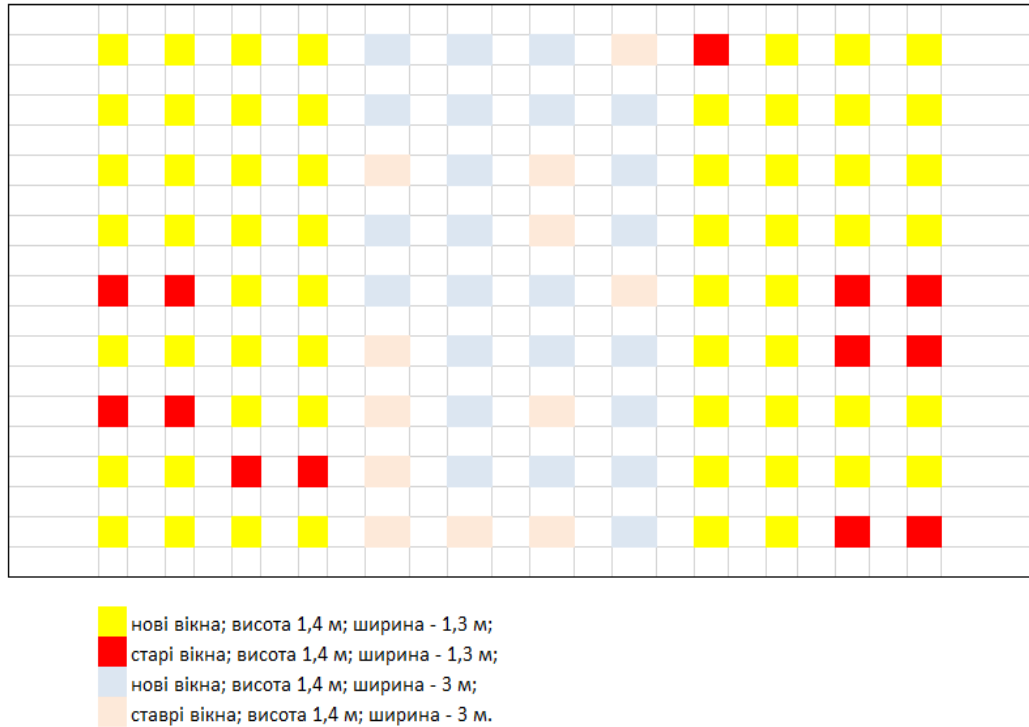


Рисунок 1.4 – Світлопрозорі конструкції орієнтовані на південний захід

На рисунку 1.5 зображено фасад орієнтований на південний схід. Лише 22 % світлопрозорих конструкцій – це нові металопластикові вікна. 61 % – це старі дерев'яні вікна. 17 % вікон зовсім на засклені.

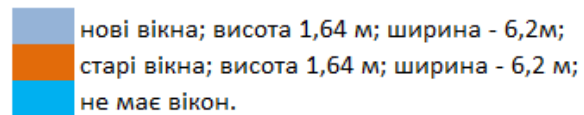
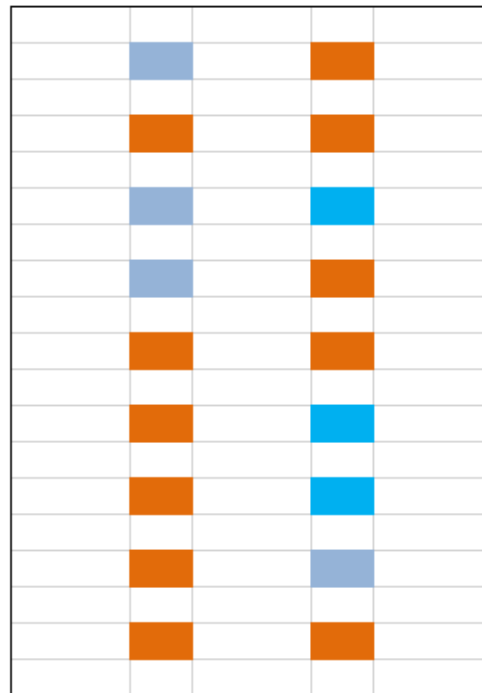


Рисунок 1.5 – Світлопрозорі конструкції орієнтовані на південний схід

На рисунку 1.6 зображено фасад орієнтований на північний захід. Лише 33 % світлопрозорих конструкцій – це нові металопластикові вікна. 67 % – це старі дерев'яні вікна.



Рисунок 1.6 – Світлопрозорі конструкції орієнтовані на північний захід

При модернізації вікон коефіцієнт теплопровідності зменшується, через що значення ψ збільшується – це означає, що під час модернізації необхідно приділяти увагу тепловим місткам та частково утеплити раму. Це дозволить зменшити значення ψ й значно мінімізувати ризик утворення конденсату довкола вікон.

Блоки дверні складаються з коробок та рамочних, фільончастих або щитових полотен. Кутові з'єднання рамочних елементів виконують на шипах і клеї, зварюванням, механічними зв'язками або іншим способом. Конструктивні рішення куткових з'єднань наводять у стандартах на конкретні види блоків дверних.

Конструкція блоків дверних повинна передбачати встановлення ущільнення у притулах (для блоків дверних внутрішніх допускається застосування конструкцій без ущільнення), а також забезпечувати

можливість заміни листового скла, склопакетів, дверних приладів, ущільнювальних прокладок без порушення цілісності деталей блоків дверних.

На тепловий комфорт в будинку впливає багато параметрів. Два з них є людськими чинниками: метаболізм (фізична активність людини) та одяг (який одяг носять люди), а також чинники, які пов'язані з повітрям: температура, вологість, рух повітря.

На основі цих чинників розраховують оптимальну температуру повітря в приміщенні. Така температура являє собою найнижчий показник PPD (прогнозований відсоток незадоволених людей). Для житлових будинків, оптимальна мінімальна температура для класу I становить 21 °C згідно зі стандартом EN 15251 [18]. Це – оперативна температура, яка фактично відрізняється від температури повітря в приміщенні, виміряної за допомогою термометра.

Оперативна температура – температура, яку відчуває людина. Вона складається з двох елементів: температури повітря в приміщенні та радіаційної температури. Температура повітря в приміщенні вимірюється звичайними термометрами; температура випромінювання вимірюється чорним кульовим термометром. У неутеплених будівлях оболонка будівлі взимку – холодна, через це людина втрачає багато енергії, яка випромінюється і поглинається холодною оболонкою будівлі [19].

Відносна вологість – показник, який демонструє, скільки водяної пари може міститися в повітрі. Якщо відносна вологість низька, повітря може поглинати більше водяної пари, ніж повітря з високою відносною вологістю. Відносна вологість у будівлях – важливий елемент, який впливає на якість повітря в приміщенні. Загалом, відносна вологість повинна перебувати в межах від 30 % до 60 %, але не перевищувати 70 %. Відносна вологість повітря залежить від температури повітря. Дуже часто люди гадають, що відкривання вікон та провітрювання кімнат узимку

може призводити до підвищення відносної вологості в приміщенні. Фактично, це не так. Навіть якщо відносна вологість холодного повітря надворі сягає 80 %, повітря, потрапляючи в будинок, нагрівається, і відносна вологість зменшується [20].

Монтаж теплоізоляції на похилому даху або технічному горищі (дах з холодним перекриттям) – один з найбільш економічно ефективних заходів підвищення енергоефективності структури будівлі. Нещільні ізоляційні матеріали (такі як мінеральна вата або целюлозне волокно) – найпростіші варіанти. У випадку з технічним горищем, призначеним для ходьби, ефективним, проте дорожчим, рішенням буде використання теплоізоляційних панелей високої щільності, захищених бетонними плитами. Утеплення плаского даху з теплим перекриттям (теплого даху) в будівлях без технічного горища є дорожчим ніж у випадку з холодним дахом.

Перш ніж упроваджувати підвищення енергоефективності важливо переконатися в тому, що дах перебуває в належному технічному стані. В усіх випадках монтаж теплоізоляції має бути ретельно продуманим і спланованим, щоб уникнути проблем, пов'язаних з тепловими містками. У випадку з холодним дахом, важливо, щоб горищна зона провітрювалася для запобігання утворенню конденсату.

Теплоізоляція цокольного перекриття особливо актуальна для холодних неопалюваних цокольних поверхів. Для проведення цього заходу дуже важливо спорожнити підвал, щоб забезпечити безперешкодний монтаж теплоізоляційних плит на стелі підвалу. Крім того, монтажу теплоізоляції не повинні заважати електричні кабелі, точки освітлення та труби – їх необхідно або ж перемістити, або належним чином вмонтувати в ізоляційний шар. Для цього заходу найчастіше використовується багат шарова система – теплоізоляційні плити закріплюються на стелі цокольного поверху і покриваються основним шаром, зміцненим

скловолоконною армувальною сіткою. При виборі ізоляційного матеріалу слід дотримуватися норм пожежної безпеки [21].

1.3 Розрахунок енергопотребити житлового будинку

1.3.1 Розрахунок загального коефіцієнту теплопередачі трансмісією

Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [19] «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель».

Зовнішні стіни

Залізобетонна плита, завтовшки 350 мм, густиною 1400 кг/м³ та теплопровідністю 2,04 Вт/(м·К), з зовнішнім утепленням пінопластом завтовшки 100 мм та теплопровідністю 0,034 Вт/(м·К) та штукатуркою завтовшки 20 мм та теплопровідністю 0,26 Вт/(м·К).

Опір теплопередачі зовнішніх стін визначаємо за формулою

$$R = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}$$

(м²·К)/Вт.

Нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції зовнішньої стіни розташованої в другій зоні України становить 2,8 (м²·К)/Вт.

$R = 3,3 \geq R_{\text{qmin}} = 2,8$ (м²·К)/Вт, що говорить про те, що дана конструкція стіни придатна для застосування в даній будівлі.

Горище

Перекрыття – залізобетонна плита, завтовшки 250 мм, густиною 2500 кг/м³ та теплопровідністю 2,04 Вт/(м·К), на цементно-піщаному розчині завтовшки 20 мм, густиною 1800 кг/м³ та теплопровідністю 0,93 Вт/(м·К), керамзит завтовшки 100 мм, густиною 300 кг/м³ та теплопровідністю 0,086 Вт/(м·К), утеплювач фіброліп, густиною 50 кг/м³, завтовшки 100 мм.

Опір теплопередачі горищного перекрыття визначаємо за формулою

$$R = \frac{1}{\alpha} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\beta}$$

$$(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}.$$

Нормативний опір теплопередачі огорожуючої конструкції перекрыття холодного горища розташованого в другій зоні України становить 4,5 (м²·К)/Вт.

$R = 2,5 < R_{qmin} = 4,5$ (м²·К)/Вт, що говорить про те, що дана конструкція горища потребує утеплення.

Опір утеплювача розраховується за формулою

$$R_{ут} = R_{qmin} - R = 4,5 - 2,5 = 2 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}.$$

Товщина утеплювача розраховується за формулою

$$d = R_{ут} \cdot \lambda$$

$$(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт},$$

тоді $R = 4,5 \geq R_{qmin} = 4,5$ (м²·К)/Вт.

Неопалювальний підвал

Переkritтя – залізобетонна плита, завтовшки 250 мм, густиною 2500 кг/м³ та теплопровідністю 2,04 Вт/(м·К), на цементно-піщаному розчині завтовшки 20 мм, густиною 1800 кг/м³ та теплопровідністю 0,93 Вт/(м·К), керамзит завтовшки 100 мм, густиною 300 кг/м³ та теплопровідністю 0,086 Вт/(м·К), утеплювач фіброліп, густиною 50 кг/м³, завтовшки 100 мм.

Опір теплопередачі орищного переkritтя визначаємо за формулою

$$- \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---}$$

$$(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}.$$

Нормативний опір теплопередачі огорожуючої конструкції переkritтя холодного орища розташованого в другій зоні України становить 4,5 (м²·К)/Вт.

$R = 0,409 < R_{\text{qmin}} = 3,3$ (м²·К)/Вт що говорить про те, що дана конструкція підвалу потребує утеплення.

Опір утеплювача розраховується за формулою

$$R_{\text{ут}} = R_{\text{qmin}} - R = 3,3 - 0,409 = 2,89 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$$

Товщина утеплювача

м.

$$(\text{м}^2 \text{К})/\text{Вт},$$

тоді $R = 3,3 \geq R_{\text{qmin}} = 3,3$ (м² ·К)/Вт.

Теплопередача до ґрунту

Для розрахунку підлоги по ґрунту приймаємо, що підлога підвалу має розмір 55 м x 12,86 м. Площа підлоги становить $A = 707,3 \text{ м}^2$; периметр $P = 135,72 \text{ м}$. Загальна товщина зовнішніх стін дорівнює $w = 0,43 \text{ м}$. Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції підлоги по ґрунту із зовнішньою стіною $\psi_g = 0,98$ – приймається згідно до ДСТУ Б В.2.6-189 [20]. Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту $U_w = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – розрахований відповідно до ДСТУ Б В.2.6-189 [22]). Середня швидкість вітру – $v = 2,8 \text{ м}/\text{с}$. Площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору – $\varepsilon = 0,002 \text{ м}^2/\text{м}$. Висота від примітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям – $h = 1 \text{ м}$.

Розраховуємо характерний розмір підлоги згідно з формулою (Б.3) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]

_____ .

Визначаємо еквівалентну товщину підлоги згідно з формулою (Б.12) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]

$$d_g = w + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,45 + 1,5 \cdot (0,115 + 0,409 + 0,059) = 1,3 \text{ м},$$

де: $\lambda_g = 1,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – теплопровідність ґрунту (глина або мул) відповідно до таблиці (Б.1) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1];

$R_{si} = 0,115 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ – опір теплопередачі внутрішньої поверхні відповідно до таблиці (Б.2) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1];

$R_{se} = 0,059 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ – опір теплопередачі зовнішньої поверхні відповідно до таблиці (Б.2) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1];

— — — — $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{Вт}$ – опір теплопередачі підлоги по ґрунту (залізобетонна плита, цементно-шлакова стяжка, лінолеум на тканинній основі).

Оскільки $dt < B'$ (неізольована або посередньо ізольована підлога) коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту визначається згідно з формулою (Б.1) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]

$$\text{Вт}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем визначають згідно з формулою (Б.14) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1], при цьому, значення коефіцієнту вітрозахисту $f_w = 0,05$ (відповідно до таблиці Б.3 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]).

Коефіцієнт теплопередачі системи огорожувальних конструкцій технічного підпілля визначають згідно з формулою (Б.11) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]

$$- \quad - \quad \text{---} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{Вт} \rightarrow \quad - \quad \text{т}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту розраховують згідно з формулою (Б.5) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]

$$H_g = 770,3 \cdot 0,35 + 135,72 \cdot 0,98 = 403 \text{ Вт/К}.$$

Світлопрозорі конструкції

Вікна у будівлі – дерев'яні та металопластикові. Є лоджії та балкони.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі вікна
 $R_{qmin} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Результати розрахунку занесені до таблиці 1.2

1.2 Таблиця - Опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій

	Ai	Кіл- сть	A	R	Uв	Периметр	Сум.перим
1,4x1,3м	1,82	16	29,12	0,65	1,54	5,4	86,4
1,4x1,3м	1,82	73	132,86	0,73	1,38	5,4	394,2
1,4x1,9м	2,66	5	13,3	0,61	1,64	6,6	33
1,4x1,9м	2,66	28	74,48	0,74	1,36	6,6	184,8
1,4x3 м	4,2	8	33,6	0,67	1,49	8,80	70,4
1,4x3 м	4,2	10	42	0,72	1,38	8,80	88
1,64x6,2м	10,17	23	233,864	0,55	1,83	15,68	360,64
1,64x6,2м	10,17	10	101,68	0,58	1,72	15,68	156,8
2,08x1,3+1,4x1,3м	4,52	3	13,572	0,45	2,21	12,16	36,48
1,4 x3 м	2,94	36	105,84	0,73	1,37	8,80	316,8
0,8 x 2,62 м	2,1	16	33,536	0,58	1,72	6,84	109,44

Двері

Двері металеві. Опір теплопередачі:

$R = 0,65 \geq R_{qmin} = 0,55 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$. що говорить про те, що двері не потребують утеплення в даній будівлі.

Значення приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Характеристики теплопередачі трансмісією

№	Вид огорожувальної конструкції	$A_i, \text{ м}^2$	$R_{\Sigma}, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$	$U, \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\Delta U_{\text{тб}}, \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$b_{\text{т,х}}, \text{ н}$	$b_{\text{т,х}}, \text{ с}$	$H_{\text{х,н}}, \text{ Вт} / \text{К}$	$H_{\text{х,с}}, \text{ Вт} / \text{К}$
1	Зовнішні стіни	1347	3,35	0,3	0	1	1	611	611
2	Суміщене покриття	707,3	2,5	0,4	0,075	0,6	0	169	0
3	Перекриття холодного горища								
4	Перекриття над техпідпіллям	707,3	0,41	2,45	0	0,3	0,3	403	403
5	Світлопрозорі конструкції	885,9 4	0,75	1,33	0	1	1	1181	1181
6	Світлопрозорі конструкції за зашкеленими балконами та лоджіями	311,2	0,75	1,33	0	1	1	415	415
7	Вхідні двері	4,4	0,65	1,54	0	1	1	7	7

Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією визначені згідно з 8.2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] та наведені в таблиці 1.3. Значення узагальнених коефіцієнтів теплопередачі трансмісією визначені, як для режиму опалення, так і для режиму охолодження.

При розрахунках теплопередачі через світлопрозорі елементи ефект нічної ізоляції не враховувався.

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі до ґрунту визначався згідно з методикою Б.1.2 додатка Б ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1].

Вплив теплопровідних включень визначався згідно з формулою (29) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] шляхом додавання до значення коефіцієнтів теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій додаткової складової, значення якої приймалися згідно з таблицею 4 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1].

$$N_{tr,adj,H} = N_D + N_g + N_U + N_A = 611 + 169 + 403 + 1181 + 415 + 7 = 2786 \text{ Вт/К.}$$

$$N_{tr,adj,C} = N_D + N_g + N_U + N_A = 611 + 403 + 1181 + 415 + 7 = 2617 \text{ Вт/К.}$$

Сумарна теплопередача трансмісією розрахована згідно з формулою (9) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] для кожного місяця і наведена в таблиці 1.6 для режиму опалення та в таблиці 1.7 для режиму охолодження.

1.3.2 Розрахунок внутрішніх теплових надходжень

Згідно з методикою ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] до уваги взяті наступні теплонадходження:

- внутрішній тепловий потік від людей $\Phi_{int,Oc} = 1,8$;
- внутрішній тепловий потік від обладнання $\Phi_{int,A} = 2$;
- внутрішній тепловий потік від освітлення $\Phi_{int,L} = 2$.

Відповідно загальна сумарна величина усередненого теплового потоку приймається згідно з таблиці 6 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] і становить: $\Phi_{int} = 5,8 \text{ Вт/м}^2$ (багатоквартирні будівлі).

Значення внутрішніх теплонадходжень для кожного місяця наведені в таблиці 2.5. Наведені значення розраховані за формулою (35) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] з урахуванням графіка використання згідно з таблицею 6 та характеристиками періоду невикористання згідно з таблицею 7 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1].

1.3.3 Характеристика сонячних теплонадходжень

Світлопрозорі конструкції, через які до будинку надходять сонячні теплонадходження, розташовані з усіх боків будівлі. Середньомісячна сонячна радіація на відповідні площини визначена згідно з додатком А ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] і наведена в таблиці 1.4.

Світлопрозорі конструкції, що використовуються для застосування будинку, – вікна на основі ПВХ-профілів із застосуванням двокамерними склопакетами та дерев'яні вікна. Для даного типу скління коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння згідно з таблицею 8 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] становить $g_n = 0,75$. Відповідно загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини визначають згідно з формулою (39) [1] і становить $g_{gl} = 0,9 \cdot 0,75 = 0,68$.

Площа світлопрозорих конструкцій згідно з вимірними даними становить:

- на північно-східному фасаді - $A_{W,ПнСх} = 237,656 \text{ м}^2$;
- на південно-східному фасаді - $A_{W,ПдСх} = 183,024 \text{ м}^2$;
- на південно-західному фасаді - $A_{W,ПдЗх} = 282,24 \text{ м}^2$;
- на північно-західному фасаді - $A_{W,ПнЗх} = 183,024 \text{ м}^2$.

Частка обрамлення приймається згідно з 11.4.3 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] і становить $F_F = 0,3$.

В будівлі встановлені різноманітні засоби рухомого затінення (білі венеціанські жалюзі, білі завіси, кольорові текстильні). Прийmemo понижувальний коефіцієнт згідно з таблицею 9 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] дорівнює 0,56.

Відповідно понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення визначаємо за формулою (41) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]. При цьому, $g_{gl+sh} = 0,68 \cdot 0,56 = 0,38$, коефіцієнт затінення $f_{sh,with}$ визначаємо згідно з таблицею 11 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] для відповідного місяця та відповідного напрямку (м. Запоріжжя відноситься до II кліматичного району згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 [22]).

Тоді, $F_{sh,gl}$ становить:

Місяць	$F_{sh,gl}$			
	Пн-сх	Пд-зх	Пд-сх	Пн-зх
Травень	1,00	0,84	1,00	0,88
Червень	1,00	0,79	0,96	0,83
Липень	0,98	0,78	0,88	0,83
Серпень	1,00	0,74	0,90	0,84
Вересень	1,00	0,85	1,00	0,87

Для інших місяців року $F_{sh,gl} = 1$.

Понижувальний коефіцієнт затінення зовнішніми перешкодами визначається згідно з 11.4.2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]. Прийнято, що будівля затінюється тільки від власних елементів (завіс та ребер). Кут затінення від звисів $\alpha = 30$ (згідно з рисунком 3а ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]), кут затінення від ребер зліва та справа становить $\beta = 40$ (згідно з рисунком 3б,в ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]).

Згідно з таблицями 12, 13, 14-1, 14-2, поправочні коефіцієнти затінення для II архітектурно-будівельного кліматичного району становлять:

	Опалювальний період				Період охолодження			
	Пн-сх	Пд-зх	Пд-сх	Пн-зх	Пн-сх	Пд-зх	Пд-сх	Пн-зх
F_{ov}	0,89	0,93	0,94	0,88	0,89	0,9	0,75	0,87
$F_{finleft}$	0,96	0,88	0,97	0,85	0,95	0,94	0,98	0,79
$F_{finright}$	0,85	0,95	0,88	0,96	0,94	0,92	0,87	0,97

Еквівалентна площа інсоляції вікон $A_{sol,w}$ з урахуванням понижувальних коефіцієнтів затінення рухомими засобами $F_{sh,gl}$ розрахована за формулою (38) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] і наведена в таблиці 1.3.

Непрозорі елементи, які піддаються інсоляції – це зовнішні стіни чотирьох фасадів та покрівля. Площа непрозорих елементів згідно з проектними даними становить:

- на північно-східному фасаді – $A_{пн-сх} = 1109,844 \text{ м}^2$;

- на південно-західному фасаді – $A_{\text{пн-сх}} = 1065,26 \text{ м}^2$;
- на південно-східному фасаді – $A_{\text{пн-сх}} = 132,046 \text{ м}^2$;
- на північно-західному фасаді – $A_{\text{пн-сх}} = 132,046 \text{ м}^2$;
- покриття – $A_{\text{пк}} = 60 \text{ м}^2$.

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів $A_{\text{sol,c}}$ розрахована за формулою (40) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] та наведена в таблиці 1.4. При цьому, безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною згідно з таблицею 10 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] і становить $\alpha_{\text{S,НП}} = 0,45$ для плитки облицювальної білої та $\alpha_{\text{S,ПК}} = 0,9$ – для руберойду.

Теплове випромінювання в атмосферу від непрозорих елементів розраховано згідно з 11.5 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] з урахуванням коефіцієнту форми між елементом будівлі та небосхилом. Результати розрахунків приведено в таблиці 1.4.

Загальний тепловий потік від сонячних теплонадходжень розрахований згідно з формулою (35) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] та наведений в таблиці 2.3. Теплонадходження від сонця до будинку розраховані з формулою (36) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] та наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.4 – Елементи сонячних теплонадходжень A_{sol} , M^2

Місяць року	Параметр											
	$A_{sol} F_{sh}$, M^2				A_{sol} , M^2					$A_{sol,w}$	$\Phi_r F_r$	Φ_{sol}
	Пн.-сх	Пд.-зх	Пд.-сх	Пн.-зх	Пн.-сх	Пд.-зх	Пд.-сх	Пн.-зх	Гор.	$F_{sh} \cdot I_{sol}$ Вт	Вт	Вт
Січень	163	148	98	125	26	25	5	5	0,5	6935	2371	4564
Лютий	163	148	98	125	26	25	5	5	0,5	12802	2371	10431
Березень	163	148	98	125	26	25	5	5	0,5	21337	2371	18966
Квітень	163	148	98	125	26	25	5	5	0,5	29872	2371	27501
Травень	163	124	97	110	26	25	5	5	0,5	39976	2371	37605
Червень	163	116	94	104	26	25	5	5	0,5	44879	2371	42508
Липень	160	114	86	104	26	25	5	5	0,5	40861	2371	38490
Серпень	163	110	88	105	26	25	5	5	0,5	32584	2371	30213
Вересень	163	125	98	109	26	25	5	5	0,5	22731	2371	20360
Жовтень	163	148	98	125	26	25	5	5	0,5	12269	2371	9898
Листопад	163	148	98	125	26	25	5	5	0,5	6401	2371	4030
Грудень	163	148	98	125	26	25	5	5	0,5	5334	2371	2963

Таблиця 1.5 – Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і сонячних теплонадходжень

Місяць року	Параметр								
	Θ_e , °C	t, год	I_{sol} пн-сх, Вт/м ²	I_{sol} пд-зх, Вт/м ²	I_{sol} пд-сх, Вт/м ²	I_{sol} пн-зх, Вт/м ²	I_{sol} гор. Вт/м ²	Q_{sol} , кВт·год	Q_{int} , кВт·год
Січень	-3,5	744	13	40	36	13	34	3395	19443
Лютий	-2,6	672	24	62	58	24	64	7010	17561
Березень	2	744	40	83	79	38	109	14111	19443
Квітень	10,1	720	56	95	98	56	161	19801	18816
Травень	16,4	744	81	110	113	80	223	27978	19443
Червень	20,2	720	94	113	113	93	248	30606	18816
Липень	22,4	744	88	12	116	89	237	28637	19443
Серпень	21,4	744	70	120	120	69	208	22478	19443
Вересень	16,2	720	46	112	110	46	156	14660	18816
Жовтень	9,6	744	23	81	81	22	87	7364	19443
Листопад	3,5	720	12	40	39	12	38	2902	18816
Грудень	-1,1	744	10	29	29	10	26	2205	19443

1.3.4 Розрахунок теплової енергії на вентиляцію

Для розрахунку прийнято, що система вентиляції житлового будинку відповідає вимогам ДБН В.2.5-67 [25].

Величина повітрообміну при вентиляції, включаючи інфільтрацію, прийнята $1,5 \text{ год}^{-1}$ з урахуванням положень 9.2.3.1.3 [1].

Наявність теплоутилізаційних установок в системі вентиляції будівлі не передбачено.

Центрального попереднього підігріву та охолодження вентиляційного повітря не передбачено.

Витрату повітря за рахунок природної вентиляції розраховуємо за формулою (30) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]

$$= 1,5 \cdot 3629,57 = 5444 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією становлять

- для опалювального періоду $\alpha_{H} = 1797 \text{ Вт/К}$;

- для періоду охолодження $\alpha_{H} = 1797 \text{ Вт/К}$.

Сумарна теплопередача вентиляцією розрахована згідно з формулами (22) та (23) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] для кожного місяця і наведена в таблиці 1.6 для режиму опалення та в таблиці 1.7 для режиму охолодження.

1.3.5 Динамічні параметри

Сумарна теплопередача та теплові надходження розраховують згідно з формулами (7) та (8) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] і наведені в таблиці 2.5 для режиму опалення та в таблиці 2.6 для режиму охолодження.

Часова константа будівлі характеризує внутрішню теплову інерцію будівлі. Будівля є важкою відповідно до таблиці 15 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить $C=80$ (Вт·год)/(м²·К).

Внутрішня теплоємність будівлі розрахована згідно з формулою (58) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] і становить

$$C_m = 80 \cdot 3629,57 = 290366 \text{ (Вт·год)/К.}$$

Часова константа будівлі розраховується за формулою (56) і становить

- для режиму опалення _____ ГОД;

- для режиму охолодження

_____ ГОД.

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ розрахований для кожного місяця згідно з формулами (48) - (51) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти \dot{Y}_H і числового параметру α_H наведений у таблиці 1.6.

Безрозмірний числовий параметр α_H визначається за формулою (52) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] і становить

Безрозмірний коефіцієнт використання втрат для охолодження, розрахований для кожного місяця $\eta_{C,gn}$ розрахований для кожного місяця згідно з формулами (51)-(54) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти \dot{Y}_C і числового параметру α_C наведений у 1.2.5.

Безрозмірний числовий параметр α_C визначається за формулою (55) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] і становить

1.3.6 Внутрішні умови

Задана температура на опалення будівлі визначена за формулою (1) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] на підставі заданих розрахункових температур повітря внутрішніх приміщень, прийняти згідно з ДСТУ В.2.2-15 [1], і становить $\theta_{int,H,set} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Задана температура на охолодження прийнята згідно з таблицею 16 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] і становить $\theta_{int,C,set} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.3.7 Розрахунок енергопотреби для опалення та охолодження

Енергопотреби для опалення та охолодження розраховані для кожного місяця згідно з формулою (3) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] та наведені в таблиці 1.5. Енергопотреби для охолодження розраховані для кожного місяця згідно з формулою (5) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] та наведені в таблиці 2.6. Значення в таблицях наведені з урахуванням примітки до 14.1 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1].

Річні енергопотребы для опалення та охолодження будівлі розраховані згідно з формулою (65) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1].

Таблиця 1.6 – Розрахунок енергопотребы для опалення

Місяць року	Параметр								
	$Q_{H,tr}$, кВт·год д	$Q_{H,ve}$, кВт·год	$Q_{H,ht}$, кВт·год	$Q_{H,sol}$, кВт·год д	$Q_{H,int}$, кВт·год	$Q_{H,gn}$, кВт·год д	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$, кВт·год
Січень	48718	39441	88159	3395	19443	22838	0,26	1	65320
Лютий	42318	34537	76855	7010	17561	24571	0,32	1	52284
Березень	37316	32087	69403	14111	19443	33554	0,48	1	35850
Квітень	19862	20572	40434	9900	9408	19308	0,48	0,989	21340
Травень	7463	12835	20298	27978	19443	47421	2,34	0,425	0
Червень	-401	7504	7103	30606	18816	49422	6,96	0,144	0
Липень	-4975	2946	-2029	28637	19443	48080	-23,69	-0,042	0
Серпень	-2902	6150	3248	22478	19443	41921	12,91	0,077	0
Вересень	7624	12680	20303	14660	18816	33475	1,65	0,588	0
Жовтень	21560	21926	43487	7364	19443	26807	0,62	0,968	22041
Листопад	33103	29111	62214	2902	18816	21717	0,35	1	40497
Грудень	43743	36232	79974	2205	19443	21648	0,27	1	58327
Всього за рік									299306

Таблиця 1.7 – Розрахунок енергопотребы для 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 д	$Q_{C,gn}$, кВт·год д	γ_C	$\eta_{C,is}$	$Q_{C,nd}$, кВт·год д
Січень	57438	103043	160481	3395	19443	22838	0,14	0,14	0
Лютий	50297	96199	146495	7010	17561	24571	0,17	0,17	0
Березень	46729	83831	130561	14111	19443	33554	0,26	0,26	0
Квітень	29960	54852	84812	9900	9408	19308	0,23	0,23	0
Травень	18692	33532	52224	27978	19443	47421	0,91	0,98	4803
Червень	10929	20009	30938	30606	18816	49422	1,60	0,58	2101
Липень	7009	10708	17717	28637	19443	48080	2,71	0,36	9063
Серпень	8956	16068	25024	22478	19443	41921	1,68	0,94	4483
Вересень	18466	33808	52274	14660	18816	33475	0,64	0,64	2061
Жовтень	31932	57285	89216	7364	19443	26807	0,30	0,30	0
Листопад	42396	77621	120017	2902	18816	21717	0,18	0,18	0
Грудень	52765	94659	147425	2205	19443	21648	0,15	0,15	0
Всього за рік									22511

Тривалість опалювального періоду прийнято фіксованою згідно з 15.3.3 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] як для II температурної зони України, що становить 4500 год.

Тривалість періоду охолодження визначена згідно з 15.3.4 на основі даних таблиці А.6 додатка А ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1] для м. Запоріжжя становить 1277 год.

1.4 Розрахунок енергоспоживання при опаленні та ГВП

1.4.1 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі/виділення

Система опалення однотрубна з автоматичними регуляторами перепаду тиску на горизонтальних вітках з більше ніж вісьмома опалюваними приладами. В якості опалювальних приладів підсистеми тепловіддачі в будівлі використані секційні радіатори без терморегуляторів. Опалювальні прилади встановлюються біля зовнішніх стін під вікнами без радіаційним захистом.

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення визначаються для кожного місяця за формулою (79) [1] і наведені в таблиці 1.8, при цьому:

$$f_{\text{hydr}} = 1,03 \text{ – згідно з таблицею 18 [1];}$$

$$f_{\text{im}} = 0,98, f_{\text{rad}} = 1,0$$

$$\eta_{\text{str}} = (\eta_{\text{str1}} + \eta_{\text{str2}})/2 = 0,94 \text{ – згідно з таблицею 17 та формулою (81) [1];}$$

$$\eta_{\text{ctr}} = 0,86, \eta_{\text{emb}} = 1,0 \text{ – згідно за таблицею 17 [1];}$$

$$\eta_{\text{em}} = 0,83 \text{ – згідно з формулою (80) [1].}$$

Енергію входу, що необхідна для підсистеми тепловіддачі/виділення, розраховують для кожного місяця за формулою (87) [1]. Результати наведені в таблиці 1.8.

1.4.2 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми розподілення

Тепловтрати підсистеми розподілення визначаються для кожного місяця за формулою (88) [4] та наведені в таблиці 1.9. Результати розрахунку загальних тепловтрат є сума тепловтрат різних типів трубопроводів L_A , L_S , L_V .

Довжина трубопроводів відповідного типу визначається згідно з А.3 ДСТУ Б EN 15316-2-3 [24] за спрощеною методикою:

$$L_V = 2 \cdot L_L + 0,0325 \cdot L_L \cdot L_W + 6 = 2 \cdot 55 + 0,0325 \cdot 55 \cdot 12,86 + 6 = 139 \text{ м};$$

$$L_S = 0,025 \cdot L_L \cdot L_W \cdot h_{lev} \cdot N_{lev} = 0,025 \cdot 55 \cdot 12,86 \cdot 2,5 \cdot 9 = 398 \text{ м};$$

$$L_A = 0,55 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev} = 0,55 \cdot 55 \cdot 12,86 \cdot 9 = 3501 \text{ м}.$$

L_L , L_W – довжина та ширина будівлі відповідно, м;

h_{lev} – висота поверху, м;

N_{lev} – кількість поверхів.

З листопада по березень опалення безперервне, в жовтні та квітні – кількість годин опалення складає половину тривалості місяця.

Розрахуємо неутилізаційні тепловтрати підсистем розподілення впродовж січня місяця за формулою

$$Q_{H,dis,ls,i} = 0,3 \cdot (58,5 - 13) \cdot 139 \cdot 744 = 1411 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахуємо утилізаційні тепловтрати підсистем розподілення впродовж січня місяця за формулою

$$Q_{H,dis,ls,i} = (0,4 - 0,4) \cdot (58,5 - 20) \cdot (3501 + 398) \cdot 744 = 89346 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Утилізовані тепловтрати розраховуються за формулою

$$Q_{H,dis,ls,nrvd,i} = 89346 \cdot 0,9 \cdot 0,9998 = 80395 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Обчислимо неутилізовані тепловтрати згідно з формулою

$$Q_{H,dis,ls,nrvd,i} = 1411 + (89346 - 80395) = 10362 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Результати розрахунків утилізованих, неутилізованих, утилізаційних та неутилізаційних тепловтрат окремо для кожного місяця наведені в таблиці 1.9.

Обчислимо енергію входу для підсистеми розподілення за формулою

$$Q_{H,dis,in,i} = 79121 + 10362 = 89483 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 1.9. Додаткову енергію для підсистеми розподілення визначають згідно з таблицею 26 [1]. Дана енергія в підсистемі розподілення використовується на функціонування циркуляційних, змішувальних та циркуляційно-змішувальних насосів. Кількість насосів, що використовується, 14. Регулювання швидкості обертання насосів із забезпеченням змінного перепаду тиску (p_{var}).

Використовуються генератори із стандартним об'ємом води.

Враховуючи, що режим опалення постійний, то $f_{im} = 1,0$.

$$W_{x,dis,aux,an} = 250 \cdot 14 \cdot 4500 / 5000 = 3150 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік.}$$

1.4.3 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми виробництва/генерування теплоти

Згідно з формулою (94) [1] загальна енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування дорівнює енергії входу в підсистему розподілення.

Тепловтрати підсистеми виробництва/генерування теплоти визначаються для кожного місяця за формулою (95) [1] та наведені в таблиці 1.8. При цьому, ефективність підсистеми виробництва/генерування теплоти прийнята згідно з таблицею 27 [1] для випадку централізованого постачання з якісним регулюванням зі зрізкою температурного графіка і коригуванням в ІТП за погодними умовами, $\eta_{H,gen} = 95 \%$.

Обчислимо тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти згідно з формулою

$$Q_{H,gen,ls,i} = 89483 \cdot (1-0,76)/0,76 = 28257,9 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

1.4.4 Загальне енергоспоживання при опаленні

Загальне енергоспоживання при опаленні визначено для кожного місяця згідно з формулою (96) [1] та наведено в таблиці 1.8.

Річне енергоспоживання при опаленні визначено для січня місяця згідно з формулою (97) [1] та наведене в таблиці 1.8

$$Q_{H,use,i} = 89483 + 28257,9 = 117741 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Таблиця 1.8 – Розрахунок енергоспоживання при опаленні

Місяць року	Параметри					
	Q _{H,nd} , кВт·год	Q _{H,em,is} , кВт·год	Q _{H,em,is} =Q _{H,dis,out} , кВт·год	Q _{H,dis,in} =Q _{H,gen,out} , кВт·год	Q _{H,gen,is} , кВт·год	Q _{H,use} , кВт·год
Січень	65320	13801	79121	89483	28257,94	117741
Лютий	52284	11047	63330	71865	22694,18	94559
Березень	35850	7574	43424	52873	16696,63	69569
Квітень	24987	2640	27627	32199	10168,07	42367
Травень	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0
Жовтень	22041	2328	24370	29094	9187,564	38282
Листопад	40497	8556	49053	58197	18378,03	76575
Грудень	58327	12323	70650	80099	25294,41	105393
Всього за рік	299306					544487

Таблиця 1.9 – Значення енергетичних потоків і підсистемі розподілення

Місяць року	Параметр						
	Q _{H,dis,out} , кВт·год	Q _{H,dis,ls} , кВт·год	Q _{H,dis,ls,nrbl} , кВт·год	Q _{H,dis,ls,rbl} , кВт·год	Q _{H,dis,ls,rvd} , кВт·год	Q _{H,dis,ls,nrvd} , кВт·год	Q _{H,dis,in} , кВт·год
Січень	79121	90758	1411	89346	80395	10362	89483
Лютий	63330	73740	1275	72465	65206	8534	71865
Березень	43424	81641	1411	80229	72192	9449	52873
Квітень	27627	39504	683	38821	34932	4572	32199
Травень	0	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0	0
Жовтень	24370	40820	706	40115	36096	4724	29094
Листопад	49053	79007	1366	77641	69863	9144	58197
Грудень	70650	81641	1411	80229	72192	9449	80099

1.5 Розрахунок енергоспоживання при вентиляції

В системі вентиляції житлового будинку використовуються витяжні вентилятори, що встановлюються у витяжних каналах кухонь та санвузлів кожної квартири. Засобів для зволоження або осушення припливного повітря в системі вентиляції не передбачено. Основне енергоспоживання системи вентиляції здійснюється витяжними вентиляторами.

Електричну потужність вентилятора розраховують за формулою (118) [1], при цьому питому потужність вентилятора системи механічної вентиляції (SFP) приймають згідно з таблицею 33 [1], яка становить $SFP = 1$ кВт/(м³/с).

Об'ємна витрата повітря в системі механічної вентиляції визначається через кратність повітрообміну та об'єм внутрішніх приміщень згідно з проектними даними $V_S = 6693$ м³.

Тоді

$$V_L = V_S \cdot n_S = 6693 \cdot 1,5 = 10039 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$P_{el} = SFP \cdot V_L / 3600 = 1 \cdot 10039 / 3600 = 2,79 \text{ кВт.}$$

Енергоспоживання вентиляторів розраховується за формулою (117) [1] з урахуванням часу роботи системи вентиляції, яка відповідно до графіка використання будівлі

$$Q_{V,sys,fan} = P_{el} \cdot t_V = 2,79 \cdot 8760 \cdot (112/168) = 16286 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Результати на річній основі представлені в таблиці 1.10.

1.6 Розрахунок енергопотреби та енергоспоживання ГВП

Питомі енергопотреби ГВП прийняті згідно з таблицею 34 і становлять для багатоквартирного житлового будинку $20 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

Загальні енергопотреби становлять

$$Q_{\text{DHW,need}}=20 \cdot A_f=20 \cdot 3629,57=72591 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Система ГВП будинку – однотрубна з циркуляційним контуром. Трубопроводи діаметром 20 мм теплоізовані стандартно. Температура води в системі ГВП прийнята $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розрахуємо тепловтрати для трубопроводів:

- для опалювального періоду

— ;

- для неопалювального періоду

— .

Визначимо загальні тепловтрати розподільними трубопроводами від циркуляційного контуру до водозбору ГВП користувача

Визначимо тепловтрати трубопроводів протягом періодів циркуляції протягом опалювального та неопалювального періодів

Розрахуємо загальні тепловтрати трубопроводів циркуляційного контуру періодів циркуляції

Визначимо тепловтрати трубопроводів протягом періодів відсутності циркуляції протягом опалювального та неопалювального періодів,

Розрахуємо загальні тепловтрати трубопроводів циркуляційного контуру протягом періодів відсутності циркуляції

Загальні тепловтрати циркуляційним контуром визначаються згідно з формулою

Розрахуємо річний обсяг енергоспоживання на потреби ГВП за формулою

Визначимо додаткову енергію для насосів

Загальний обсяг енергоспоживання на потреби ГВП

1.6 Розрахунок енергоспоживання при освітленні

Розрахуємо енергію, яка необхідна для штучного освітлення

КВт·год.

Проведемо розрахунок паразитної енергії

КВт·год.

Визначимо річний обсяг енергоспоживання

$$W=57165,73+21777,42=78943 \text{ КВт}\cdot\text{год.}$$

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ПО ВУЛ. ЗАПОРІЗЬКА 2А М. ЗАПОРІЖЖЯ

2.1 Енергопаспорт будівлі

Енергетичний паспорт містить достовірну інформацію про геометричні характеристики будівлі, теплотехнічні показники огорожуючих конструкцій і енергетичні показники будівлі.

Необхідність Енергопаспорта для підтвердження відповідності параметрів об'єкта встановленим нормам і вимогам енергоефективності. Для визначення показників раціональності витрати теплової та електричної енергії об'єкта в процесі експлуатації використовують класифікацію енергоефективності будівель [27].

Клас енергетичної ефективності будівлі – розрахунковий рівень енергетичної ефективності будівлі або її відокремлених частин, визначений за інтервалом значень показників енергетичної ефективності, що встановлюються відповідно до вимог законодавства з урахуванням гармонізованих стандартів Європейського Союзу у сфері енергетичної ефективності будівель [28].

21 березня 2017 року Верховна Рада схвалила законопроект про «Фонд енергоефективності». Установа підтримує здійснення заходів з підвищення рівня енергоефективності будівель та енергозбереження, зокрема в житловому секторі, згідно з Паризькою угодою сприяє зменшенню викидів двоокису вуглецю та сприяє забезпеченню дотримання Україною міжнародних зобов'язань у сфері енергоефективності. Фінансування Фонду здійснюється за рахунок коштів держбюджету, фінансової підтримки ЄС та уряду Німеччини. Головною вимогою Фонду для отримання коштів є проведення професійного

енергоаудиту, який визначить клас енергоефективності будівлі та допоможе ідентифікувати місця найбільшої втрати тепла [29].

Об'єкт розрахунку – житловий будинок, що запроектований у м. Запоріжжя за адресою вул. Запорізька, буд. 2-А. Будинок двохсекційний, має 9 житлових поверхів, технічне підпілля та холодне горище. Загальна кількість квартир – 72. Загальна висота будинку 24,5 м. Висота типового поверху 2,5. У будинку передбачено дві сходові клітки та два підйомних ліфти. Орієнтація будівлі – за основними напрямками (фасад будівлі з головним входом, який орієнтовано на північний схід).

Площі зовнішніх огорожень будівлі наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Площі зовнішніх огорожень будинку

Вид огорожувальної конструкції	Загальна площа, м ²
Зовнішні стіни	1347,5
Суміщене покриття	707,3
Перекриття холодного горища	-
Перекриття над техпідпіллям	707,3
Світлопрозорі конструкції, в т.ч. (світлопрозорі конструкції, що знаходяться за зашкеленими балконами та лоджіями), орієнтовані на:	95,76
північний схід	32,76
південний захід	33,536
південний схід	75,6
північний захід	131,04
Вхідні двері в будинок	151,2
	183,024
	183,024
	4,4

Кондиціонована площа будівлі становить $A_f = 3629,57 \text{ м}^2$.

Таблиця 2.2 – Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначка	Одиниця виміру	Величина
1	2	3	4
Розрахункова температура внутрішнього повітря для опалення	$\theta_{int,S,H}$	°C	20
Розрахункова температура внутрішнього повітря для охолодження	$\theta_{int,S,C}$	°C	26
Усереднена за часом витрата повітря на вентиляцію - в кондиціонованому об'ємі - між кондиціонованим та некондиціонованим об'ємами - між кондиціонованим об'ємом та зовнішнім середовищем	$Q_{vt,mn}$	м ³ /год	5444
Усереднений за часом тепловий потік внутрішніх джерел - в кондиціонованому об'ємі - а некондиціонованому об'ємі	$\Phi_{int,mn}$	Вт/м ²	5,8
Внутрішня теплоємність будівлі	c	Вт·год/(м ² ·К)	80

Багатоповерховий житловий будинок має такі конструктивні рішення: перекриття між неопалювальним простором підвалу та кондиціонованим об'ємом – залізобетонна плита, у якості утеплювача плити пінополістиролу. Стіни з залізобетонної плити. Перекриття останнього поверху: «холодне» горище перекрите залізобетонними плитами на цементно-піщаному розчині. У якості утеплювача фіброліт. Вікна дерев'яні та металопластикові. Двері металеві без утеплювача.

Продовження таблиці 2.3

	Енергопотреба для центрального попереднього охолодження вентиляційного повітря (в т.ч. осушення повітря)													
	Енергоспоживання при охолодженні (в т.ч. осушення повітря)												10106	
	Енергоспоживання при центральному попередньому охолодженні (в т.ч. осушення повітря при попередньому охолодженні)													
	Додаткове енергоспоживання охолодженні												1009	
	Загальне енергоспоживання при охолодженні												11115	
Вентиляція	Енергопотреба для зволоження вентиляційного повітря													
	Енергоспоживання вентиляторів, блоків управління та рекуператорів теплоти												16286	
	Загалом енергоспоживання при вентиляції (в т.ч. зволоження повітря)												16286	
ГВП	Енергопотреба ГВП	72591												
	Енергоспоживання ГВП						597351							
	Додаткове енергоспоживання ГВП												3504	
	Загальне енергоспоживання ГВП						597351						3504	
Освітлення	Енергоспоживання при освітленні													
Інші послуги	Енергоспоживання іншими послугами													
Загалом		394407					1141838						33605	

2.2 Аналіз сучасних шляхів підвищення класу енергоефективності житлового багатоквартирного будинку

Житловий фонд України застарілий, має аварійний стан і потребує капітального ремонту.

Перш за все в під'їзді необхідно замінити старі дерев'яні вікна на нові металопластикові. Основна причина для заміни вікон – мінімізація теплових втрат. Саме через негерметичність дерев'яних вікон з склом, яке тріснуло, втрачається більша частина тепла.

Також металопластикові вікна мають інші переваги, такі як:

- завдяки установці конструкцій, що відкриваються, під'їзд можливо провітрювати, що позитивно позначиться на мікрокліматі;
- строк служби метало пластикових вікон від 10 років;
- під'їзд з метало пластиковими вікнами виглядає привабливіше;
- такі вікна не потребують особливого догляду;
- завдяки властивостям метало пластикових вікон в під'їзд буде тихіше;
- металопластикові вікна збільшують температуру в під'їзді на 3-5 % і дозволяє зберегти там на 50 % тепла більше.

Також в під'їзді з'явиться більше природного освітлення. Якщо встановити правильно підібрані вікна з низькими стулками, то це дозволить значно розширити світові прорізи. Це добре позначиться не тільки на зниженні втрат на електроенергію, а також на комфорт [30].

Існує ряд аспектів, яких потрібно дотримуватись при установці металопластикових вікон. Потрібно враховувати, що Запоріжжя знаходиться у другій кліматичній зоні, тому опір вікна теплопередачі не повинно бути менше $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Конструкції з меншим показником опору теплопередачі не відносяться до енергоефективних. Потрібно встановлювати мінімум п'яти- або шестикамерний профіль, двохкамерний склопакет и бажано з аргоном. Хоча, вікна у під'їзді невеликого розміру непотрібно економити на міцності профільної системи. Пов'язано це з збільшенням експлуатаційного навантаження на конструкцію. Також необхідно передбачити наявність стулок, які відкриваються, бо під'їзд потрібно провітрювати [31].

При вході в під'їзд потрібно встановити додаткові двері, щоб за рахунок утворення додаткового повітряного прошарку на перших двох поверхах буде значно тепліше.

Для вхідних дверей опір теплопередачі для другої кліматичної зони повинен бути $0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Також важливо забезпечити вхідні двері достатнім рівнем герметичності, особливо в зону порогу. Майже всі мешканці будинку відкривають таку дверну конструкцію мінімум два рази на день, тому вона повинна бути зносостійкою і міцною, а також стійкою до впливу погодних факторів. Такі двері не повинні піддаватися корозії, навіть перебуваючи в умовах постійних перепадів температур і зміни рівня вологості [32].

Одним з напрямків енергозбереження є зменшення споживання електроенергії на освітлення за рахунок:

- максимального використання денного світла (збільшення кількості, площі та прозорості вікон);
- збільшення відбиваючої здатності (світлі стіни та стелі);
- оптимального розміщення джерел штучного світла (місцеве, направлене освітлення);
- використання освітлювальних приладів лише за необхідністю;
- підвищення світловіддачі наявних джерел світла (заміна люстр, відбивачів тощо);
- використання приладів управління освітленістю (датчики руху, акустичні датчики, датчики освітленості, таймери, дистанційне керування);
- запровадження автоматичної системи диспетчерського управління зовнішнім освітленням;
- установка інтелектуальних розподілених систем управління освітленням. Так сучасні світлодіодні (LED) енергозберігаючі лампочки споживають на 75 відсотків менше електроенергії, ніж звичайні лампи розжарювання [33].

На всіх поверхах необхідно встановити світильники з датчиком руху та датчиком освітленості. Головна перевага датчиків руху або освітленості для монтажників - це проста установка і їх налаштування для подальшої роботи: не потрібен прокладка спеціальних мереж управління або застосування додаткового дорогого обладнання. Датчики встановлюються в розрив електричного кола і відразу готові до експлуатації [34].

Успішний досвід експлуатації даного обладнання показує, що воно дозволяє заощадити 70-80 % електричної енергії, що витрачається на освітлення в будівлі [35].

Терміни окупності установки датчиків руху приблизно складають 1-2 роки, залежно від темпів зростання цін на електроенергію і потужності застосовуваного освітлювального обладнання [36].

Немало важливим кроком є теплоізоляція будинку. Після утеплення тепло всередині приміщення зберігається довше та в приміщенні підтримується відносно стабільна температура. Шар утеплювача захищає стіни будинку і пожуває строк їх служби. Існує два способи утеплення фасаду: мокрий фасад та вентильований фасад. Краще використовувати другий спосіб. Він більш дорогий, але технологія більш надійна і довговічна. Принцип полягає в монтажі на стіну металевого каркаса, в нього укладається утеплювач, а потім кріпиться зовнішня обробка, але між нею і теплоізоляційним шаром залишається зазор. Це дозволяє уникнути скупчення вологи і утворення цвілі, а утеплювач при цьому захищений від негативного впливу зовнішнього середовища. Зовнішнє оформлення може бути досить різноманітним на відміну від мокрого фасаду, де використовується тільки штукатурка і її подальше фарбування. Фасад можна виконати з вінілового сайдинга, алюмінієвих панелей та інших матеріалів. Монтується утеплення за такою технологією швидше, служить до 50 років [37].

Для утеплення будівлі краще використовувати пінополістирол. Коштує він також недорого. Ціна коливається від 70 до 250 грн за упаковку. Теплоізоляційні якості у нього в рази краще ніж у пінопласту. Він не боїться вологи, мало важить, але горить, тому при його монтажі необхідно облаштування протипожежних перемичок з мінеральної вати. Краще брати плити зі ступінчастим краєм – при стикуванні вдасться уникнути щілин. Матеріал підходить для зовнішнього та внутрішнього утеплення, для мокрих і вентиляованих фасадів.

Щоб звільнити квартиру від постійного проникнення вогкості, протягів і холоду з покрівлі, досить виконати грамотну ізоляцію стиків і виконати ремонт покрівлі на лоджії. Для цього видаляють колишній матеріал і укладають новий, що володіє хорошою міцністю і еластичністю. Додатково в роботі використовується пальник і спеціальні сучасні гідроізоляційні матеріали. Далі на всіх поверхах проводиться гідроізоляція вертикальних швів в районі квартири замовника. Після чистяться стики між панелями, куди закладається вілатерм і монтажна піна. Після шов потрібно ретельно промазати матеріалом для гідроізоляції – мастикою. Тільки дотримання такої технології дозволяє гарантувати високий результат проведення гідроізоляційних робіт і забезпечити в приміщені сухі і теплі стіни [38].

Край бетонної стіни зі стиками часто не рівний з зазубрені, тому якщо стики не закладені ретельно, вони починають протікати. Проблема в тому, що шви з внутрішньої сторони плити недоступні для роботи, тому єдиним виходом є ретельне гідроізоляція стиків із зовнішнього боку.

Більш ніж половина резерву енергозбереження в житловому фонді (52,3 %) пов'язана з тепловою ізоляцією огорожувальних конструкцій житлових будинків. Впровадження у комунальній теплоенергетиці труб у пінополіуретановій ізоляції дозволить заощадити при транспортуванні до 18 млн Гкал тепла, що еквівалентно 3 млн т у. п.

В будинку потрібно провести балансування опалення. Це потрібно зробити для того, щоб:

- позбутися від протягів через перегрів кімнати;
- вирівнювання температури приміщень по будівлі, дозволить автоматичі проводити більш якісне регулювання;
- підуть в минуле скарги мешканців на недогрів і духоту в квартирах;
- встановити на поверхах, однакове температурне значення на всіх радіаторах.

Дуже важливим кроком є реконструкція системи опалення. Реконструкція системи опалення та теплового пункту дозволяє скоротити витрати на опалення в житловому будинку на 20-25 % [39].

Будинки, в яких були замінені вікна та утеплений фасад, але не проведена реконструкція системи опалення – споживають стільки ж тепла, скільки споживали до утеплення. Це пов'язано з тим, що потужність системи опалення залишилася колишньою, а що утворився після утеплення надлишок тепла йде, через кватирки під час провітрювання.

До системам опалення, які реконструюються, будівельні норми пред'являють такі ж вимоги з енергетичної ефективності, як і до систем опалення нової будівель. Згідно норм, повна реконструкція системи опалення передбачає наступні роботи:

1. Установка радіаторних термостатичних клапанів в обов'язки опалювальних приладів.

Радіаторні термостатичні клапани виключають перегрів приміщення, автоматично підтримуючи в ньому задану температуру. Установка радіаторних термостатичних клапанів знижує споживання тепла на 10-15 %.

2. Установка автоматичних балансувальних клапанів на стояках і приладових гілках.

Автоматичне балансування виключить нерівномірність прогріву системи опалення, розподіливши тепло між гілками відповідно до потреби. Гідравлічна настройка системи опалення дозволяє скоротити споживання тепла на 3-5 %.

3. Реконструкція теплового пункту з установкою циркуляційних насосів і автоматики погодзалежного регулювання.

Автоматична підтримка температури води, що надходить в систему опалення в залежності від зовнішньої температури, дня тижня і часу доби – дозволяє скоротити споживання тепла в житлових будинках на 10-15 %.

4. Відновлення теплової ізоляції трубопроводів проходять в підвалах і на горищах, дозволяє скоротити споживання тепла будівлею на 2-5 %.

5. Установка лічильника тепла сама по собі не скорочує споживання тепла, але дозволяє оплачувати тільки той, що спожили і стимулює до енергозбереження [40].

Використовувати енергозберігаючі побутові прилади що мають маркування «А» чи «А+». Холодильник такого класу споживатиме на 30-50 % менше електроенергії, ніж пристрій такого ж об'єму марки «В». Режим очікування для комп'ютера доречний, якщо залишати його на кілька хвилин, а не на всю ніч. Слід вимикати пристрої, якими ніхто не користується. А ще краще – вимикати взагалі штекер з розетки. Це не лише дозволить заощадити електроенергію, але й вбереже пристрої від впливу можливих перепадів електроенергії. Можна також встановити автоматичні вимикачі. Не можна залишати прилади, що працюють від акумулятора (наприклад, мобільні телефони), увімкненими довше, ніж потрібно для повної зарядки акумулятора. Холодильники та морозильники варто тримати в чистоті, без льоду та снігу, регулярно їх розморожувати. Треба стежити за тим, щоб дверцята були щільно закритими. Охолоджувати їжу перед тим, як поставити її в холодильник. Поперше, гаряча каструля змусить холодильник працювати інтенсивніше, а по-друге, вона нагріє інші

продукти, і вони можуть зіпсуватися. Оптимальна температура в холодильнику – від нуля до п'яти градусів тепла. Її потрібно регулювати відповідно до температури на кухні та кількості продуктів. Холодильники мають розташовуватися подалі від плити, нагрівача, колонки чи бойлера, батареї та прямих сонячних променів, а сучасні пристрої для приготування їжі, наприклад, мультиварки, дають змогу готувати 2-3 страви одночасно, що зберігає як газ, так і електроенергію [41].

Енергетична сертифікація є одним з елементів оцінки енергоефективності використання енергетичних ресурсів.

Енергетична сертифікація будівель — це метод для підвищення енергоефективності, мінімізації енергоспоживання та зниження негативного впливу на довкілля.

До процедури сертифікації відносять наступні складові:

- зміст процедури енергетичної сертифікації будівель;
- зміст енергетичного сертифікату;
- параметри для вибору загального показника енергетичної ефективності EP, який використовується для процедури енергетичної сертифікації будівлі;
- опис шкали ефективності;
- опис типів рекомендацій, які будуть включені до енергетичного сертифікату;
- процедура оформлення документації енергетичної сертифікації будівлі;
- процедура класифікації будівель за рівнем енергетичної ефективності;
- формат енергетичного сертифікату.

Процедура сертифікації для багатоквартирного будинку проводиться на замовлення та за рахунок власника будинку, житлово-будівельного кооперативу, об'єднання співвласників багатоквартирного будинку,

управляючий багатоквартирного будинку. За результатами виконаної роботи енергоаудитора складається енергетичний сертифікат, у якому зазначена інформація стосовно класу та інших показників енергоефективності будівлі. Даний документ має бути розміщений у доступному місці для мешканців будинку.

У енергетичному сертифікаті зазначаються:

- адреса будівлі;
- клас енергетичної ефективності будівлі;
- відомості про функціональне призначення та конструкцію будівлі, кількість поверхів, об'єм та загальну площу;
- мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівлі;
- фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій та інженерних систем будівлі;
- фактичне питоме енергоспоживання будівлі (крім об'єктів нового будівництва);
- рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівлі (крім об'єктів будівництва) в економічно доцільний спосіб, які враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими та в яких зазначаються заходи, які необхідно здійснити для реалізації таких рекомендацій;
- серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора, який склав енергетичний сертифікат;
- інформація про рівень викидів парникових газів;
- інформація про можливість отримання більш детальних відомостей, зазначених у сертифікаті, включаючи інформацію про економічну ефективність викладених у такому сертифікаті рекомендацій щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель та/або їх відокремлених частин [42].

Основою для оцінки і порівняння енергопотреби різних будівель слугує сертифікація будівель, а для фінансово-матеріального заохочення або покарання – рейтингова система. В Україні згідно з [43] енергетична сертифікація не враховує витрати енергії, що використовуються для потреб забезпечення нормального функціонування будівель, а також погодних умов та умов комфортності в приміщеннях при використанні фактичних даних. Основними факторами, що визначають втрату тепла в приміщеннях, а відповідно до цього – споживання енергії на опалення, є опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій – стін, покриттів, перекриттів, вікон тощо та витрати з вентиляцією. Збільшення собівартості енергоносіїв, що використовуються для обігріву будівель, призводить до економічної доцільності проектування і проведення термомодернізації огорожувальних конструкцій із істотно більшими опорами теплопередачі [44]. Тому треба враховувати той фактор, що енергетичний сертифікат має термін дії і потребує його переглядання у разі його закінчення.

Приклади орієнтовних строків окупності проектів в залежності від комбінації енергозберігаючих заходів представлено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 Приклади орієнтовних строків окупності проектів в залежності від комбінації енергозберігаючих заходів

№	Набір технічних рішень з підвищення енергоефективності	Середній строк окупності
1	Модернізація системи опалення (прочистка, автоматичне гідравлічне балансування, автоматизоване керування та регулювання)	Від 2 років
2	Модернізація системи опалення (прочистка, автоматичне гідравлічне балансування, автоматизоване	Від 5 років

	керування та регулювання) + утеплення зовнішніх стін, перекриття над підвалом, перекриття горища	
3	Утеплення зовнішніх стін, заміна вікон, утеплення перекриття горища + ІТП з погодним регулюванням + автоматичне гідравлічне балансування	Від 6 років
4	Утеплення зовнішніх стін, заміна вікон, утеплення перекриття горища без модернізації та автоматизації систем тепlopостачання	Від 7 років
5	Модернізація системи опалення (прочистка, автоматичне гідравлічне балансування, автоматизоване керування та регулювання) + утеплення зовнішніх стін та заміна вікон	Від 9 років
6	Модернізація системи опалення (прочистка, автоматичне гідравлічне балансування, ІТП з погодним регулюванням) + утеплення зовнішніх стін та заміна вікон + вентиляція з рекуперацією	Від 10 років
7	Заміна системи опалення на двотрубну з ІТП з погодним регулюванням + утеплення зовнішніх стін, перекриття горища, перекриття (над холодним підвалом), заміна вікон + вентиляція з рекуперацією (індивідуальні рекуператори з ефективністю не менше 75%)	Від 12 років
8	Заміна системи опалення на двотрубну з ІТП з погодним регулюванням + утеплення зовнішніх стін, перекриття горища перекриття над холодним підвалом, заміна вікон + вентиляція з рекуперацією (індивідуальні рекуператори з ефективністю не менше 75%) + відновлювальні джерела енергії (сонячні колектори)	Від 14 років

В Україні діє дві загальнонаціональні програми державної підтримки впровадження енергоефективних заходів у будівлях.

Програма для ОСББ від Фонду енергоефективності.

Фонд енергоефективності – державна установа, створена Урядом України з метою підтримки ініціатив щодо енергоефективності, впровадження інструментів стимулювання і підтримки здійснення заходів з підвищення рівня енергетичної ефективності будівель та енергозбереження, зокрема в житловому секторі.

Фонд енергоефективності [45] надає підтримку об'єднанням співвласників багатоквартирного будинку (ОСББ) для впровадження енергоефективних заходів шляхом надання грантів та запровадження комплексних технічних рішень, з врахуванням кращих європейських практик по термомодернізації будівель. Фонд покликаний забезпечити довгостроковий механізм фінансування проектів з енергоефективності для багатоквартирних будинків у яких створено ОСББ.

03 вересня 2019 року введено в дію Програму підтримки енергомодернізації багатоквартирних будинків «Енергодім». Головною його задачею є надання державної фінансової підтримки мешканцям багатоквартирного житлового фонду для реалізації енергоефективних проектів. Гранти Фонду енергоефективності надаються ОСББ на безповоротній основі та можуть покривати, в залежності від обраного пакету, до 70 % вартості енергоефективних проектів [46].

Детальніше про програму «Енергодім» можна дізнатись на сайті Фонду енергоефективності.

Програма «Теплі кредити» від Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження.

Основною метою програми «Теплі кредити» є зниження обсягу споживання енергоресурсів в Україні, за рахунок стимулювання ОСББ та населення до впровадження енергоефективних заходів.

Принцип програми – держава компенсує частину витрат на купівлю енергоефективного обладнання та матеріалів при отриманні кредиту в держбанку.

Програма передбачає відшкодування [47]:

- 20 % суми кредиту (але не більше 12 тис. грн) на придбання негазових/неелектричних котлів для фізичних осіб;

- 35 % суми кредиту (але не більше 14 тис. грн) на придбання енергоефективного обладнання/матеріалів для фізичних осіб – власників приватних будинків;

- 40 % суми кредиту (але не більше 14 тис. грн в розрахунку на одну квартиру) для ОСББ/ЖБК, як юридичних осіб, для загальнобудинкових заходів.

Якщо позичальником є фізична особа, яка отримує субсидію на оплату житлово-комунальних послуг, то розмір відшкодування становитиме 35 % як за напрямком придбання котлів, так і для інших енергоефективних заходів, але не більше 12 000 гривень.

Якщо в складі ОСББ є родини-отримувачі субсидії, таке ОСББ отримує відшкодування у середньозваженому розмірі між 40 % і 70 % – залежно від кількості квартир-субсидіантів [48].

Детальніше з переліком енергоефективного обладнання та матеріалів, які є складовими (комплектуючими) устаткування та матеріалів, що визначені Порядком використання коштів, передбачених у державному бюджеті для здійснення заходів щодо ефективного використання енергетичних ресурсів та енергозбереження, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2011 року № 1056 (станом на 26.02.2019) можна ознайомитися за посиланням [48].

Уповноваженими на видачу “теплих кредитів” у рамках програми є 4 державні банки: ПриватБанк, Ощадбанк, Укргазбанк та Укресімбанк.

Завдяки фінансовій децентралізації коштів у місцевих бюджетах, в деяких регіонах виникла можливість регіональної підтримки програми Теплих кредитів.

Відповідно до Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» [48], виконавчі органи місцевої влади та органи місцевого самоврядування забезпечують розроблення і реалізацію регіональних і місцевих програм у сфері підвищення енергетичної ефективності будівель (відшкодування відсотків/суми кредитів залученими фіз. особами, ОСББ, ЖБК), які фінансуються за рахунок коштів місцевих бюджетів, а також інших джерел фінансування.

2.3 Обрані заходи з підвищення енергоефективності будівлі

Будинок, який розглянуто в цій роботі також потребує модернізації, адже клас енергетичної ефективності будівлі відноситься до класу G, що є дуже низьким.

Тому пропоную в під'їзді замінити дерев'яні вікна на металопластикові з двокамерними склопакетами, що наповнені аргоном з пластиковими дистанційними рамками, заміни вхідні двері та двері в тамбур, що не відповідають ДБН В 2.6-31 (представлено на рисунку 2.1 та 2.2). А також виконати роботи з утеплення внутрішніх та зовнішніх укосів.

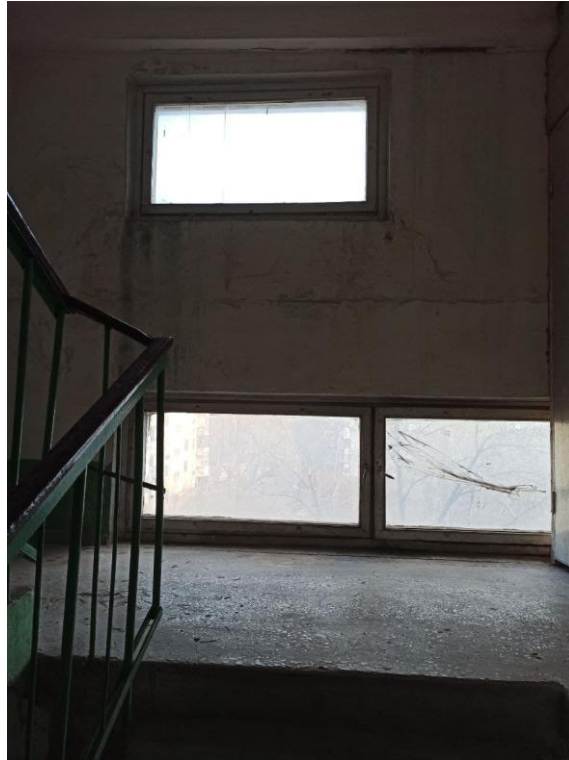


Рисунок 2.1 – Вікна у під'їзді

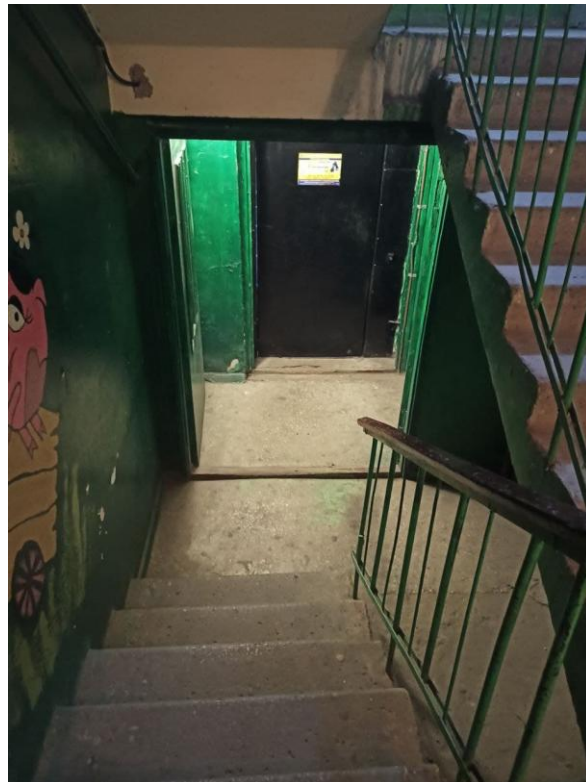


Рисунок 2.2 – Двері в під'їзді і в тамбур

За рахунок встановлення нових металопластикових вікон виросте використання денного світла. Встановлення дверей в тамбур допоможе зберігати тепло в будинку.

На всіх поверхах та в тамбурах потрібно модернізувати систему освітлення, встановивши прилади управління освітленням з датчиком руху і датчиком освітленості. Лампи потрібно замінити на сучасні світлодіодні LED світильники (клас енергоефективності А+). Термін служби таких ламп більш довгий (не менше 30000 годин), вони екологічно безпечні (не потребують утилізації), а також стійкі до перепадів напруги. Термін окупності таких світильників складає приблизно 1-2,5 роки, залежно від зростання цін на електроенергію і потужність освітлення.

Зовнішні стіни та цоколь потрібно теплоізулювати, за рахунок чого тепло в будинку буде зберігатись довше, а також така ізоляція захистить стіни і подовжить їх строк служби. Теплоізоляцію зовнішніх стін пропоную виконати із застосуванням системи скріпленої теплоізоляції.

В будинку погана гідроізоляція, в першу чергу це стосується останніх поверхів. У більшості випадків простір між плитами в панельних будівлях нічим не заповнений, і це факт, доведений практикою і досвідом. До того ж покрівельний матеріал балконів і лоджії не відповідає вимогам гідроізоляції.

Технічний поверх стає місцем, де стабільно, після кожного дощу накопичується дощова вода, яка по водостічних каналів і порожнім швах проникає в квартири, і в першу чергу страждають верхні поверхи. Вигляд стін всередині будинку у під'їзді представлений на рисунку 2.3.

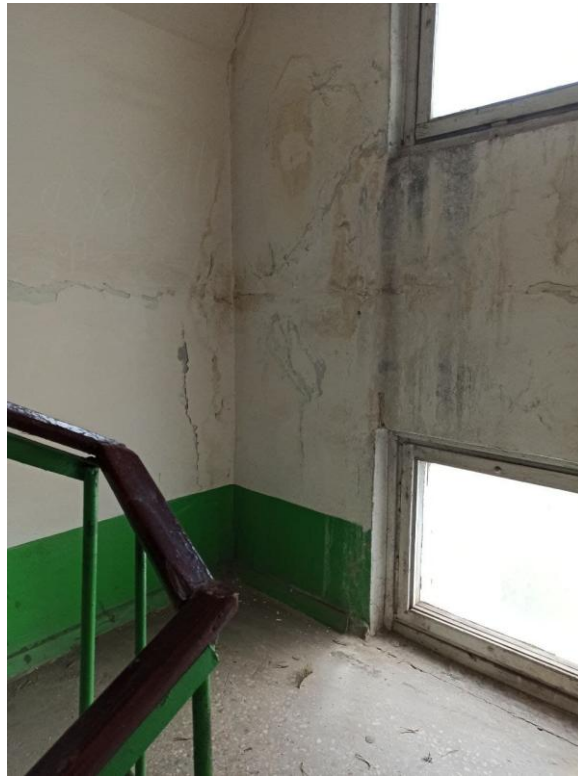


Рисунок 2.3 – Вигляд стін всередині будинку

Також потрібно провести герметизацію міжпанельних швів стін фасаду та утеплення деформаційних швів між секціями будинку. В якості утеплювача пропоную мінеральні плити товщиною 150мм з щільністю не менше 150 кг/м³ та коефіцієнтом провідності не більше 0,040 Вт/(м*К). Для утеплення стін цоколю використати екструзійний пінополістирол «XPS» товщиною 100 мм та коефіцієнтом теплопровідності не більше 0,031 Вт/(м*К). Утеплення фасаду слід здійснювати згідно нормативних вимог України, зокрема ДБН В.2.6-33.

Для того, щоб вирівняти температуру приміщень в будівлі і встановити на поверххах однакове температурне значення на всіх радіаторах потрібно провести балансування системи опалення.

Також пропоную встановити індивідуальний тепловий пункт (ІТП) незалежного типу (з теплообмінником), що оснащений засобами для автоматичного регулювання теплового потоку в залежності від поганих

умов та режиму використання будівлі. Загальні кількість та потужність встановленого ІТП буде обрана на стадії робочого проектування.

За допомогою ІТП можливо автоматично управляти тепловим режимом будівлі та забезпечити стабільну температуру в приміщенні будівлі протягом усього періоду опалення.

Зробивши всі пункти представлені в роботі, ми зможемо захистити будинок від розвалу і термомодернізувати його, що також зекономить кошти мешканців на електроенергію.

2.4 Обрані заходи з підвищення енергоефективності інженерних мереж

Сучасний житловий будинок являє собою складну систему, від інженерного забезпечення якої слід дотримуватися широкого набору функцій. Відповідно, будівля може оснащуватися різноманітними видами комунікацій. Основними з них є:

- мережі холодного та гарячого водопостачання;
- каналізаційні мережі;
- мережі електропостачання та освітлення будівлі;
- система опалення;
- система вентиляції житлового будинку;
- внутрішня розводка газопостачання;
- слабкострумові мережі і системи безпеки і т.д.

Інженерні системи - технічне обладнання будівлі (її відокремлених частин), житлових або нежитлових приміщень, призначене для опалення, охолодження, кондиціонування, вентиляції, постачання гарячої води, освітлення будівлі або її частини чи для поєднання цих функцій [43].

Основні вимоги до енергетичної ефективності систем опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВК):

1. Системи ОВК слід проектувати відповідно до класу їх енергоефективності;

2. Клас енергоефективності технічного оснащення, автоматизації, моніторингу й управління систем ОВК слід приймати не нижче класу енергоефективності будівлі;

3. Рекомендується застосовувати обладнання (насоси, терморегулятори тощо) класу енергоефективності А+ або А++, незалежно від класу енергоефективності будівлі та технічного оснащення;

4. Системи ОВК слід проектувати такими, що мають можливість у кожному приміщенні будівлі закладу освіти, крім нормативно визначених виключень, автоматично підтримувати задану споживачем температуру повітря у межах нормативно обмеженого і технічно забезпеченого діапазону;

5. Рекомендується застосовувати обладнання для систем ОВК та проектувати ці системи з якомога меншою інерційністю реагування на зміну внутрішніх і зовнішніх тепло- та холодо- надходжень;

6. Системи ОВК, що обслуговують приміщення з фіксованою тривалістю робочого дня або з тимчасовим перебуванням людей, слід проектувати з автоматичними пристроями зниження надходжень теплоти (холоду) у неробочі години або у час, коли приміщення не використовують;

7. Системи механічної загальнообмінної вентиляції та кондиціонування повітря повинні бути обладнані засобами для автоматичного регулювання витрат рециркуляційного та зовнішнього припливного повітря залежно від умов використання приміщення, що обслуговується, та зовнішніх кліматичних умов;

8. Для досягнення показників питомих тепловитрат згідно з ДБН В.2.6-31 у системах механічної загальнообмінної вентиляції та системах

кондиціонування повітря слід застосовувати теплоутилізацію та/або регулювання за потребою;

9. Розміщення опалювальних приладів, як правило, слід передбачати під віконними прорізами стін з установленням тепловідбивної теплоізоляції між приладами та зовнішньою стіною;

10. Будівлі, що підключаються до систем централізованого теплопостачання, мають бути обладнані вузлами комерційного обліку;

11. Опалювальні прилади мають бути оснащені автоматичними регуляторами температури повітря в приміщенні (терморегулятор або електронний регулятор витрати теплоносія) [49].

Найприйнятнішими заходами зниження витрат енергії є: поліпшення теплоізоляції трубопроводів, впровадження сучасних засобів регулювання систем теплопостачання та гарячого водопостачання, підвищення ефективності роботи котлів. Своєчасне і якісне технічне обслуговування забезпечує економічність експлуатації будівель і систем теплопостачання протягом усього терміну експлуатації. Змінити ставлення споживачів до проблем раціонального використання енергії можна, надаючи відповідну інформацію та переконанням. Перший досвід, отриманий в країнах Східної Європи, свідчить про те, що значної економії енергії можна досягти шляхом модернізації систем теплопостачання в житлових будинках. Крім того, заміна поточної системи оплати за енергію системою індивідуального обліку фактичного обсягу споживання надає можливість економити енергію за рахунок економнішого ставлення до неї споживачів. Такими методами можна заощадити до 40 % енергії.

Як вже зазначалось вище, пропоную встановити індивідуальний тепловий пункт (ІТП).

ІТП — це комплекс пристроїв, призначений для приєднання будинкових систем опалення, гарячого водопостачання (ГВП) та вентиляції до тепломережі. Основною складовою цього комплексу є

регулятор теплової потужності системи опалення за погодними умовами, який ще називають «погодним регулятором» [50].

Сам регулятор теплової потужності також є комплексом автоматичних пристроїв, «мозок» якого — електронний регулятор температури, до якого під'єднанні мінімум два датчики температури: датчик температури зовнішнього повітря, який розміщують на зовнішній стіні будівлі (зазвичай північній) та датчик температури теплоносія, що поступає до системи опалення. Електронний регулятор температури, аналізуючи інформацію від цих двох датчиків за допомогою регулювального клапану з електроприводом, коригує кількість теплоносія, який надходить з тепломережі у будівлю, зменшуючи його до необхідного рівня. Це дозволяє споживати тільки необхідну у конкретний момент часу кількість теплоносія і тим самим суттєво економити теплоенергію. Також ІТП містить контрольно-вимірювальні прилади, насоси, вузол обліку тощо. Комплектація кожного ІТП залежить від задач, які він буде виконувати.



Рисунок 2.4 – Індивідуальний тепловий пункт

Також потрібно зробити промивку опалювальної системи або замінити трубопроводи та радіатори. У багатьох мешканців будинку стоять чугунні радіатори, які заповнені відкладеннями, накипом та іншим. Тому в зимовий період вони не гріють, за рахунок цього в приміщенні низька температура.

В будинку потрібно провести балансування систем опалення. Воно здійснюється для забезпечення рівномірного розподілу теплоносія у всіх точках споживання. Балансування системи опалення здійснюється шляхом установлення балансувальних клапанів на стояках системи опалення.



Рисунок 2.5 – Опалювальна система до та після балансування

В підвалі потрібно зробити утеплення внутрішніх трубопроводів: замінити стару теплоізоляцію на нову.

Проблему з якістю та чистотою повітря, яке вдихаємо, в приміщенні допоможе вирішити система рекуперації. Завдяки тепловій вентиляції в квартирі можна легко створити ідеальний мікроклімат з постійним припливом свіжого та чистого повітря без значних теплових втрат. Для квартири краще вибрати пластинчасті рекуператори. Вони більш компактні і прості в обслуговуванні, а також відрізняються невисоким цінноком.

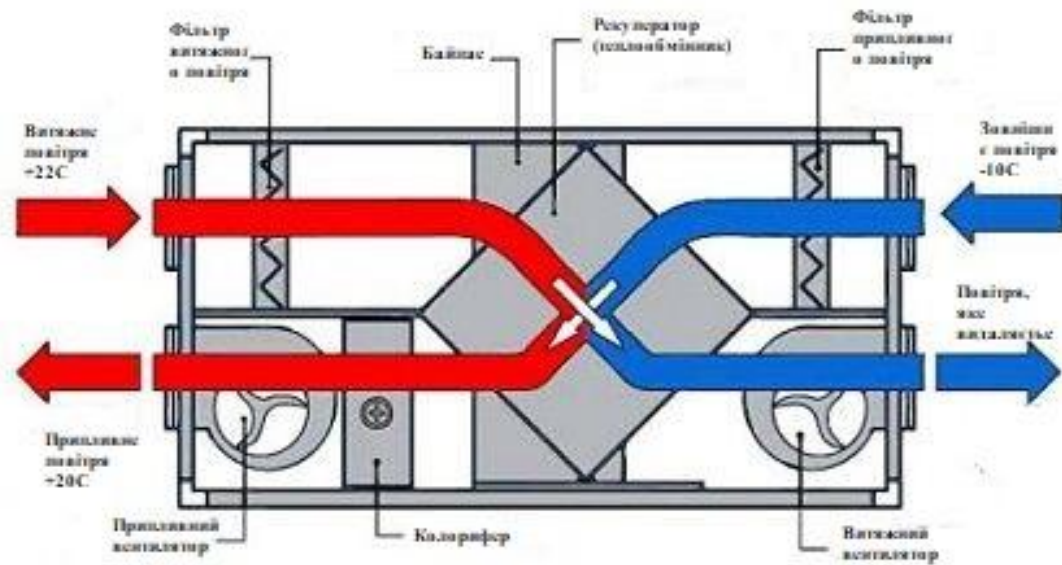


Рисунок 2.6 – Схема вентиляції з рекуперацією

Системи освітлення будівель є частиною інженерних рішень і повинні забезпечувати економне використання електроенергії. Досягнення цієї мети можливе за умови використання в системах освітлення «енергоощадні» лампи та обмеження часу роботи окремих груп освітлення [51]. Найбільш характерні приклади систем освітлення в яких доцільно реалізувати ці принципи :

- 1) системи зовнішнього освітлення та освітлення фасадів;
- 2) системи освітлення коридорів, тамбурів, прохідних зон;
- 3) системи освітлення сходових клітин;
- 4) системи освітлення санвузлів;
- 5) системи освітлення паркінгів та гаражів.

У системах зовнішнього освітлення обмеження часу роботи можливо реалізувати за рахунок увімкнення та вимкнення певних груп освітлення та фасадної підсвітки за графіком або за рахунок датчиків освітлюваності.

Освітлення на сходових клітинах працює протягом тривалого часу, більшу частину цього часу електроенергія повинна економитись за рахунок використання вранці та вдень природного освітлення через вікна. За недостатньої освітлюваності доцільно використовувати датчик

освітлюваності. Для увімкнення системи освітлення, що залежить від присутності людей, додатково необхідно інтегрувати в систему освітлення датчики руху або пристрої ручного керування з обмеженням часу роботи. Це доцільно використовувати в системах освітлення, тамбурів, прохідних зон, сходових клітин, санвузлів, паркінгів та гаражів.

Для скорочення витрат електроенергії необхідна заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи (LED), оскільки, для забезпечення потреб внутрішнього освітлення, дотепер досить часто використовуються лампи розжарювання потужністю 60 та 100 Вт.

Переваги світлодіодних ламп:

- значний строк служби, 40 000 год , тоді як лампа розжарювання світить близько 1 200 год, а звичайна люмінесцентна лампа – 10 000 год);
- значно вища світловіддача (сучасні світлодіоди більше 75 % енергії перетворюють на світло, тоді як майже 90 % енергії ламп розжарювання – це тепло);
- не потрібно утилізувати відпрацьовані лампи;
- моментальне ввімкнення та можливість частого вмикання;
- непотрібні стартери;
- працює стабільно при коливаннях напруги (світловий потік незмінний).

ВИСНОВКИ

В першій частині кваліфікаційної роботи магістра представлено аналіз енергетичного ринку України та аналіз енергетичних показників об'єкта, який досліджується. Наведено план типового поверху, представлені площі зовнішніх огорожень будівлі та схеми вікон на фасаді. Розраховано енергопотреби та енергоспоживання для опалення та охолодження.

В другій частині роботи представлено аналіз сучасних шляхів підвищення енергоефективності житлового багатоквартирного будинку та наведено обрані заходи для підвищення енергоефективності будинку, який знаходиться за адресою: м. Запоріжжя, вул. Запорізька 2А.

Всі заходи, які представлені в роботі, допоможуть зберегти тепло не тільки в під'їзді, а також в квартирах. Адже все це значно впливає на теплову енергію будинку. Не повинно бути не утеплених місць, через які будинок буде втрачати тепло. Заміна вікон на енергоефективні, встановлення додаткових тамбурів призводить до збільшення температури не тільки в під'їзді, але і в квартирах на (2...4 °С) і до зниження енергопотреби.

Також використання сучасних енергоефективних електро побутових приладів дозволяє суттєво зменшити споживання електричної енергії у житлових будинках. Адже в житлових будинках енергоощадні заходи повинні бути такими, щоб споживач отримав реальне зниження величини оплати за теплову енергію та теплоносій, і водночас у всіх приміщеннях квартир додержувалися комфортні умови проживання, передбачені державним стандартом щодо параметрів мікроклімату в приміщеннях житлових будинків та санітарними правилами і нормами для житлових будівель і приміщень.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. [Чинний від 2016-01-01]. Київ, 2016. (Інформація та документація).
2. Енергоефективність. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%B5%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C> (дата звернення 27.02.2020)
3. Основні принципи енергозбереження в сучасній Україні. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <http://ru.osvita.ua/vnz/reports/ecology/21333/> (дата звернення 27.02.2020).
4. Чейлитко А.О., Ільїн С.В. *Відмінності експертизи з енергозбереження та енергетичної сертифікації*. Матеріали Круглого столу «Актуальні проблеми проведення економічних, товарознавчих, будівельних експертиз та правові шляхи їх вирішення». (29 квітня 2020). Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. С.57
5. Ільїн С.В., Чейлитко А.О. *До питання сучасного стану оцінки енергетичної ефективності будівель*. Матеріали Круглого столу «Актуальні проблеми проведення економічних, товарознавчих, будівельних експертиз та правові шляхи їх вирішення». (29 квітня 2020). Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. С.65-67
6. Енергоефективність будівель в Україні. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <http://dergbud.org.ua/enerhoefektyvnist-budivelua.html> (дата звернення 01.03.2020).
7. Праховник А.В., Дешко В.І., Шевченко О.М. Енергетична сертифікація будівель. Наукові вісті НТУУ «КПІ». Проблеми енергозбереження. 2011. С. 140-143.

8. Ференюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. – К.: Гама-Принт, 2009 216 с.

9. Енергоаудит [Електронний ресурс] : навч.-метод. посібник для слухачів курсів підвищення кваліфікації центру безперервної освіти : навч.-метод. посібник / С. В. Ільїн, А. О. Чейлитко, І. М. Мних ; ЗДІА. - Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 130 с.

10. Чейлитко А.О., Калюжна А.В. *Дослідження шляхів підвищення енергоефективності житлового будинку по вулиці Запорізька 2А м. Запоріжжя*. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційний розвиток сучасної економіки: нові підходи та актуальні дослідження». (20-21 квітня 2021). Запоріжжя: ЗНУ, 2021. с.266-268

11. Чейлитко А.О. *Енергетичний аудит. Методологія та основні етапи*. Матеріали Круглого столу «Дискусійні питання з теорії та практики сучасної експертизи». (24 листопада 2020). Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. с. 66-70

12. Ільїн С.В., Чейлитко А.О. *До питання сучасного стану оцінки енергетичної ефективності будівель*. Матеріали Круглого столу «Актуальні проблеми проведення економічних, товарознавчих, будівельних експертиз та правові шляхи їх вирішення». (29 квітня 2020). Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. с.65-67

13. Чейлитко А.О., Ільїн С.В. *Відмінності експертизи з енергозбереження та енергетичної сертифікації*. Матеріали Круглого столу «Актуальні проблеми проведення економічних, товарознавчих, будівельних експертиз та правові шляхи їх вирішення». (29 квітня 2020). Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. с.57

14. Anatoliy Pavlenko, Valeriy Ivanovich Deshko, Andrii O. Cheilytko, Iryna Sukhodub. *Efficiency of using energy in the housing*

sector. Monografie. Kielce: Kielce University of Technology. 2020. P.147 ISBN 978-83-65719-97-3.

15. Ільїн С. В. Чейлитко А. О. Кушнір С. М. Черненко Т. В. Енергетична ефективність будівель та інженерних систем: монографія. Запоріжжя: Видавничий дім "Гельветика", 2021. 180 с.

16. ДБН В.2.5-39-2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Теплові мережі. [Чинний від 2009-01-07]. Київ, 2009. (Інформація та документація)

17. ДБН В.2.2-24-2009. Проектування висотних житлових і громадських будинків. [Чинний від 2009-09-01]. Київ, 2009. (Інформація та документація).

18. Чейлитко А.О., Калюжна А.В. *Дослідження шляхів підвищення енергоефективності житлового будинку по вулиці Запорізька 2А м. Запоріжжя*. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційний розвиток сучасної економіки: нові підходи та актуальні дослідження». (20-21 квітня 2021). Запоріжжя: ЗНУ, 2021. с.266-268

19. Про енергозбереження: Закон України від 23.07.2017р. №30. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80> (дата звернення 24.03.2020).

20. Еремкин А. И., Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. 368 с.

21. Autodesk Green Building Studio. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL:<https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/RUS/Revit-Analyze/files/GUID-7948A714-1B97-4176-A942-D99A8ECA4786-htm.html> (дата звернення 02.04.2020).

22. RIUSKA. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://ovkitp.blogspot.com/2013/01/riuska.html> (дата звернення 02.04.2020).

23. Building Energy Modeling. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://www.energy.gov/eere/buildings/building-energy-modeling> (дата звернення 02.04.2020).
24. Л.Ю. Федік. Особливості системи автоматизованого проектування SolidWorks. Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». Луцьк, 2014. Випуск № 15. С.127-130.
25. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике/ А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В.Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 1040с
26. Хованський С.О., Колісніченко Е.В., Панченко В.О. Розрахункові дослідження теплового стану приміщення. Технологический аудит и резервы производства № 6/3(26), 2015, с. 45-48.
27. Інвестиції в енергоефективність та відновлювану енергетику / А. Міцкан // Проект USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні». 2014.
28. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту – К.: НТЦЕ «НЕК «Укренерго» - 2015. 89 с.
29. ДБН Б В.2.6-23-2009. Блоки віконні та дверні. [Чинний від 2009-08-01]. Київ, 2009. (Інформація та документація).
30. ДСТУ Б В.2.7-122:2009. Скло листове. [Чинний від 2009-11-19]. Київ, 2009. (Інформація та документація).
31. ДСТУ Б В.2.7-110. Скло загартоване будівельне. [Чинний від 2000-04-17]. Київ, 2001. (Інформація та документація).
32. ДСТУ Б В.2.7-107. Будівельні матеріали. [Чинний від 2010-01-01]. Київ, 2010. (Інформація та документація).
33. Чейлитко, А.О. Формування теплофізичних властивостей елементів конструкцій теплового захисту шляхом створення

прогнозованих пористих структур [Текст]: монографія / А. О. Чейлитко. — Запоріжжя: ЗДІА, 2017. 318 с. ISBN 978–617–7120–11–6

34. EN 15251. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. [Чинний від 2013-01-01]. Київ, 2012. (Інформація та документація).

35. Що таке енергетичний аудит. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://pbe.ua/energo-certifikate-50> (дата звернення 16.04.2020).

36. Про регулювання містобудівельної діяльності: Закон України від 20.11.2012р. №34. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17> (дата звернення 16.04.2020).

37. Енергетичний сертифікат – що це таке. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://akvilonpro.ua/ua/energoseberezhenie/energeticheskij-sertifikat.html> (дата звернення 16.04.2020).

38. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 р. №33. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (дата звернення 21.04.2020).

39. Що таке енергетичний аудит. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://spilka.pro/shho-take-energoaudyt-ta-yak-znajty-sertyfikovanogo-audytora/> (дата звернення 29.04.2020).

40. Aslam, M.; Shah, T.; Javaid, N.; Rahim, A.; Rahman, Z.; Khan, Z.A. CEEC: Centralized energy efficient clustering a new routing protocol for WSNs. In Proceedings of the 9th IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks (SECON), Seoul, Korea, 18–21 June 2012.

41. Luo Q, Ariyur KB, Mathur A. Real time energy management: cutting the carbon footprint and energy costs via hedging, local sources and active control. In: Proceedings of the 2009 ASME Dynamic Systems and

ControlConference, DSCC 2009. PART A. Hollywood, CA, United states: AmericanSociety of Mechanical Engineers; 2010. p. 157–64.

42. Чейлитко А.О., Єрофєєва А.А., Калюжна А.В. Повітряні рекуператори тепла. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону» (формат zoom – конференції) (27-28 травня 2021). Запоріжжя: ЗНУ, 2021. с.73-74

43. Collazos A, Marechal F, Gahler C. Predictive optimal management method forthe control of polygeneration systems. Comput Chem Eng 2009;33:1584–92.

44. Бориченко О.В., Чернявський А.В. Визначення пріоритетності об'єктів для проведення енергетичного моніторингу. Technology audit and production reserves. - 2018. Том 3, №1(41). 58-63 с.

45. ДСТУ Б В.2.6-189. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).

46. ДСТУ-Н Б В.1.1-27. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-10-01]. Київ, 2011. (Інформація та документація).

47. ДБН В.2.5-67. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).

48. ДБН В.2.2-2005. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2010-09-28]. Київ, 2010. (Інформація та документація).

49. Енергозбереження в теплопостачанні: текст лекцій для студентів спеціальності «Теплоенергетика» [Електронний ресурс] / Уклад. М.Ф. Боженко. Вид. 2-е, перероб. і доп. – Київ : НТУУ «КПІ», ТЕФ, 2015. 225 с.

50. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту.Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників

енергоефективності. [Чинний від 2016-04-29]. Київ, 2016. 51 с. (Національний стандарт України).

51. Про утворення державної установи «Фонд енергоефективності»: постанова Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2017 р. №1099 // Офіційний вісник України. 2017.