

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНИ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергетичної ефективності багатофункціональної житлової будівлі на стадії монтажу

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-мопа-дн
спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Містобудування та
об'ємно-просторова архітектура

(назва освітньої програми)

Рахнауї Ваїл

(ініціали та прізвище)

Керівник проф., к. арх., Єгоров Ю. П.

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

Рецензент доц., к. т. н., Банах В. А.

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

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНИ

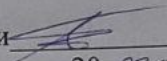
Кафедра міського будівництва і архітектури

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)

Освітня програма Містобудування та об'ємно-просторова архітектура

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 

« 10 » 10 20 23 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Рахнаї Ваїлу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Підвищення енергетичної ефективності багатофункціональної житлової будівлі на стадії монтажу

керівник роботи проф. к. арх. Єгоров Ю. П.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 09 » 10 2023 року № 1578-с

- 1 Строк подання студентом роботи 01.03.2024
- 2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розв'язання проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень
- 3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Аналіз предметної області. Розглянути основні переваги і недоліки при зведенні багатофункціональних енергоефективних будівель і визначити існуючі типи енергоефективних будов

4. Перевіряти професійного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових критеріїв) Проаналізувати результати аналітичних обґрунтувань наукових висновків досліджень. Результатами експериментальних досліджень. Результатами досліджень і застосуванням сучасних інформаційних методів дослідження.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Єгоров Ю. П.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
2	Єгоров Ю. П.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
3	Єгоров Ю. П.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

6 Дата видачі завдання 01.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	01.01	<i>[Signature]</i>
2	Розділ 1	15.01	<i>[Signature]</i>
3	Розділ 2	01.02	<i>[Signature]</i>
4	Розділ 3	15.02	<i>[Signature]</i>
5	Розробка графічної частини	20.02	<i>[Signature]</i>
6	Оформлення роботи	25.02	<i>[Signature]</i>
7	Попередній захист	01.03	<i>[Signature]</i>

Студент *[Signature]* (підпис) Рахнауї Ваїл (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) *[Signature]* (підпис) Єгоров Ю. П. (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *[Signature]* (підпис) Гребенюк І.В. (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Рахнауі Ваіл. Підвищення енергетичної ефективності багатофункціональної житлової будівлі на стадії монтажу.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Ю.П. Єгоров. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2024.

Розглянути основні переваги і недоліки при зведенні багатофункціональних енергоефективних будівель і визначити існуючі типи енергоефективних будов.

Ключові слова: ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ВНУТРІШНЯ ТЕМПЕРАТУРА, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, БУДИНКИ, ТЕПЛО, ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ.

ABSTRACT

Rahnaui Vail. Increasing the energy efficiency of a multifunctional residential building at the installation stage.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 192 - Construction and civil engineering, academic supervisor Yu.P. Egorov. Engineering Educational and Scientific Institute named after U.M. Potebny ZNU, Department of Urban Construction and Architecture, 2024.

Consider the main advantages and disadvantages of building multifunctional energy-efficient buildings and determine the existing types of energy-efficient buildings.

Keywords: HEAT TRANSFER RESISTANCE, INTERNAL TEMPERATURE, ENERGY CONSUMPTION, BUILDINGS, HEAT, BUILDING INSPECTION.

ЗМІСТ

	Вступ	6
Розділ 1	Теоретичні основи при проектуванні та будівництві енергоефективних малоповерхових житлових будівель	8
1.1	Вітчизняний та зарубіжний досвід у галузі проектування та будівництва енергоефективних малоповерхових житлових будівель	8
1.2	Загальні принципи та особливості при проектуванні та будівництві енергоефективних багатофункціональних малоповерхових будівель	23
1.3	Виявлення особливостей та недоліків проектування енергоефективних багатофункціональних малоповерхових будівель	27
1.4	Висновки з першого розділу	27
Розділ 2	Проведення комплексного аналізу в галузі малоповерхового будівництва будівель	29
2.2	Аналіз вибраних сучасних матеріалів, що використовуються при будівництві багатофункціональної малоповерхової будівлі	31
2.3	Теоретичне та практичне обґрунтування обраних покращених матеріалів та конструкцій шляхом розрахунку та заміру телевізором отриманих конструкцій	35
2.4	Висновки з другого розділу	49
Розділ 3	Економічне обґрунтування застосовуваних енергоефективних матеріалів у галузі малоповерхового будівництва будівель	51
3.1	Порівняння вартості застосовуваних енергоефективних матеріалів зі вартістю звичайних	51
3.2	Динаміка зміни питомої витрати енергії на опалення та вентиляції за опалювальний період після застосування енергоефективних матеріалів	54
3.3	Розробки в галузі енергоефективного будівництва	56
3.4	Заходи з енергозбереження	57
3.5	Висновки з третього розділу	64
	Основні висновки	65
	Список використаних джерел	76

ВСТУП

Актуальність роботи. У багатьох мегаполісах, а також провінційних містах все більше набирає обертів політика в галузі енергозбереження.

В даний час недостатньо вивчено питання щодо підвищення енергоефективності в галузі малоповерхового будівництва. Завдяки підвищенню екологічності матеріалів, на практиці можна спостерігати зростання в галузі їх енергоефективних властивостей.

При зведенні сучасних будівель необхідно пам'ятати, що сучасні будівлі повинні надавати мінімальний вплив на навколишнє середовище, завдяки меншому споживанню енергії.

Енергоефективність, насамперед, це забезпечення комфортного перебування у приміщенні. Основною вимогою, що висувається до приміщення, є його захист від високих температур у теплу пору року та створення теплового мікроклімату у холодну пору року.

На сьогоднішній день великого поширення набуло будівництво енергоефективних будівель. У зв'язку з цим виникла потреба у розробці комплексу заходів щодо підвищення енергоефективності у цій галузі.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є підвищення енергоефективності з метою впровадження сучасних матеріалів та інноваційних технологій для підвищення енергоефективності малоповерхових будівель.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є енергоефективність у галузі малоповерхового будівництва.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є комплекс взаємопов'язаних між собою конструктивних елементів із застосуванням інноваційних матеріалів.

Методи дослідження. Основу даного дослідження становить комплексний аналіз розробок у галузі зведення енергоефективних будівель. Робота ґрунтується на експериментальному методі дослідження, який

передбачає вивчення параметрів об'єкта дослідження в природних умовах, внаслідок чого необхідно виділити оптимальні конструктивні рішення.

Наукова новизна одержаних результатів. Полягає у виборі оптимальних енергозберігаючих заходів та технічних рішень при проектуванні та будівництві малоповерхових житлових будівель, ґрунтуючись на застосування співвідношення «ціна-якість», а також вибір більш екологічних матеріалів.

Практичне значення одержаних результатів. Полягає в використанні енергоефективних інноваційних екологічних матеріалів стосовно будівництва малоповерхових будівель.

Особистий внесок дослідника. Постановки мети та завдання дослідження. Збір та аналіз даних для проведення дослідження.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел містить 72 сторінки, 22 рисунків, 10 таблиць, 60 список використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТА БУДІВНИЦТВІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МАЛОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

1.1 Вітчизняний та зарубіжний досвід у галузі проектування та будівництва енергоефективних малоповерхових житлових будівель

Нормативна база в галузі сучасного будівництва постійно розвивається з урахуванням модернізації технологій, підвищення вимог щодо енергоефективності, безпеки та якості будівельних робіт.

Питанням підвищення енергоефективності будинків присвячено роботи таких авторів: Фаренюк Г.Г. [2, 3]; Горшков А.С. [4]; Кнатько М.В., Єфіменко М.Н. [5], Самарін О.Д., Казаковцева С.А., Свірідонов К.В. [6, 7], Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкін Н.В. [8]; Самолюк Н.М., Бондарець Д.В. [14] та ін.

На даний момент основним законом в галузі енергозбереження є Закон України від 22.06.2017 року №2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель».

Забезпечення енергетичної ефективності будівель, споруд, споруд:

а) «будівлі, будівлі, споруди, за винятком зазначених у частині 5 цієї статті будівель, будівель, споруд, повинні відповідати вимогам енергетичної ефективності, встановленим уповноваженим федеральним органом виконавчої влади відповідно до правил, затверджених Урядом України. ;

б) вимоги енергетичної ефективності будівель, будівель, споруд повинні включати:

1) показники, що характеризують питому величину витрати енергетичних ресурсів у будівлі, будівлі, споруді;

2) вимоги до будівель, споруд, споруд, що впливають на енергетичну ефективність, архітектурних, функціонально-технологічних, конструктивних та інженерно-технічних рішень;

3) вимоги до окремих елементів, конструкцій будівель, будівель, споруд та до їх властивостей, до використовуваних у будівлях, будівлях, спорудах пристроїв та технологій, а також вимоги до включених до проектною документації та застосовуваних при будівництві, реконструкції, капітальному ремонті будівель, будівель, споруд технологіям та матеріалам, що дозволяють виключити нераціональну витрату енергетичних ресурсів як у процесі будівництва, реконструкції, капітального ремонту будівель, будов, споруд, так і в процесі їх експлуатації;

а) у складі вимог енергетичної ефективності будівель, будов, споруд повинні бути визначені вимоги, яким будівля, будова, споруда повинні відповідати при введенні в експлуатацію та в процесі експлуатації, із зазначенням осіб, які забезпечують виконання таких вимог (забудовника, власні –ка будівлі, будівлі, споруди), а також терміни, протягом яких виконання таких вимог має бути забезпечене. При цьому термін, протягом якого виконання таких вимог має бути забезпечено забудовником, повинен становити не менше ніж п'ять років з моменту введення в експлуатацію будівлі, будови, споруди;

б) вимоги енергетичної ефективності будівель, будов, споруд підлягають перегляду не рідше ніж один раз на п'ять років з метою підвищення енергетичної ефективності будівель, будов, споруд;

в) вимоги енергетичної ефективності не поширюються на такі будівлі, будови, споруди: культові будівлі, будови, споруди; будівлі, будівлі, споруди, які відповідно до законодавства України віднесені до об'єктів культурної спадщини (пам'ятникам історії та культури); тимчасові будівлі, термін служби яких становить менше ніж два роки; об'єкти індивідуального житлового будівництва, садові будинки тощо;

г) не допускається введення в експлуатацію будівель, будівель, споруд, збудованих, реконструйованих, які пройшли капітальний ремонт і не відповідають вимогам енергетичної ефективності та вимогам оснащеності їх приладами обліку використовуваних енергетичних ресурсів [7,9];

д) забудовники зобов'язані забезпечити відповідність будівель, будівель, споруд вимогам енергетичної ефективності та вимогам оснащення їх приладами обліку використовуваних енергетичних ресурсів шляхом вибору оптимальних архітектурних, функціонально-технологічних, конструктивних та інженерно-технічних рішень та їх належності будівництва, реконструкції, капітального ремонту» і т.д.

Глибокий інтерес у галузі зведення енергоефективних стали виявляти лише на рубежі 80-90-х років ХХ століття. У деяких країнах, таких як Німеччина, Швейцарія, Австрія і т.д. вперше була розпочата дослідницька робота в галузі вивчення методів підвищення енергоефективності, як самих будівель, так і матеріалів, що використовуються при будівництві, а надалі зроблено висновки про шляхи підвищення енергоефективності [1-3].

У ході дослідницької роботи в галузі енергоефективного будівництва було виявлено чотири типи енергоефективних будов [4-6].

Енергоефективний будинок - будинок, витрата електричної енергії якого становить трохи більше 70% проти типовими будинками. Частина енерговитрат такого будинку покривається за рахунок джерел навколишнього середовища (тепло сонця, сила вітру тощо).

Будинок з низьким, економічним споживанням енергії - будинок, витрата електричної енергії якого не перевищує 45%. Такий невеликий показник витрати досягається за рахунок механічної вентиляції у поєднанні з додатковими джерелами, якими може служити, наприклад, сонячний колектор. У конструкції стіни такого будинку необхідно передбачити шар теплової ізоляції завтовшки 20 см..

Пасивний будинок - це будинок із мінімальним показником споживання енергії. Витрата електричної енергії такого будинку становить 30%. 30-процентний показник витрати енергії досягається за рахунок ізоляції всіх зовнішніх поверхонь (стіни, вікна, двері), ліквідації містків холоду. Джерелами тепла для такого будинку є природні джерела і, безпосередньо, система вентиляції. У конструкції стіни такого будинку необхідно

передбачити шар теплової ізоляції товщиною 30 см. У пасивном будинку передбачається механічна вентиляція, у поєднанні з додатковими джерелами тепла додатково передбачається пристрій вітряної електростанції.

Будинок з нульовим споживання енергії - експериментальний будинок, в якому не використовуються загальноприйняті джерела електроенергії. У конструкції стіни такого будинку необхідно передбачити шар теплової ізоляції товщиною 40 см. Крім механічної вентиляції, додаткових джерел тепла і вітрової установки передбачається пристрій водяного резервуара, який виконує функцію теплового акумулятора.

На сьогоднішній день при будівництві енергоефективних будівель найбільш поширеними є будинки пасивного та енергоефективного типів [9-14].

«Одним із яскравих прикладів енергоефективної будівлі є Інститут Скелястих Гір, збудований у 1980-х роках у штаті Колорадо. При будівництві штаб-квартири Інституту Скелястих гір були реалізовані досягнення в області енергоефективного будівництва» [36].

Конструктивною особливістю будівлі Інституту скелястих гір є фасад. Фасад будівлі було представлено у вигляді кам'яних стін. Конструкція стіни включала в себе теплову ізоляцію товщиною 10 мм і припускала пристрій повітряним прошарком і шару з фольги.

Подана конструкція є сучасного навісного фасаду.

Для пристрою скління були розроблені склопакети, заповнені аргоном, зі спеціальним тепловідбиваючим шаром.

Завдяки застосованим технологіям, будинок не потрібно опалювати при досягненні низьких температур. Будівля зберігала тепло до зниження температури зовнішнього повітря до -40°C . Від надлишку тепла у звичайні дні позбавлялися шляхом виведення зайвого тепла через систему вентиляції.

Ще одним яскравим прикладом енергоефективної будівлі є дослідницький центр компанії ROCKWOOL (рисунок 1.1), побудований у приміському місті Хедехусені, розташований у залізничній лінії між

Копенгагеном та Роскілле у столичному регіоні Данії.



Рисунок 1.1– Дослідницький центр компанії ROCKWOOL

«Будинок було збудовано 2000-го року. При будівництві цієї будівлі було застосовано вдосконалені технології. Збільшення енергоефективності будівлі майже в чотири рази, було досягнуто шляхом впровадження ефективної ізоляції, застосування тришарових віконних блоків та покращення системи вентиляції».

Більшість скління будівлі було спрямоване на південну сторону.

«Конструкція стіни передбачає влаштування шару ізоляції з кам'яної

вати товщиною від 25 до 50 см, що розташовується по всій теплоізолюючій оболонці будівлі.

У процесі будівництва було виявлено та ліквідовано «містки холоду», доопрацьовано теплоізоляцію фундаменту, змінено конструкцію віконних палітурок». Вентиляцією в Центрі управляє комп'ютер («інтелектуальна система вентиляції»). Поряд із зарубіжними країнами в Україні також ведеться будівництво енергоефективних будівель. Прикладом енергоефективної будівлі в Україні є будинок GREEN BALANCE, розташований у Підмосков'ї. Енергоефективний російський будинок GREEN BALANCE представлений рисунку 1.2



Рисунку 1.2 - Енергоефективний будинок GREEN BALANCE

Основний принцип будинку – мінімальне використання електрики та опалення. Завдяки зменшенню співвідношення площі огорожувальних конструкцій до корисної площі, втрати тепла стають набагато нижчими, ніж при будівництві типових будинків.

У будівлі GREEN BALANCE усі огорожувальні конструкції, включаючи окремі конструктивні елементи, мають бути ізольовані. Шумо-ізоляція та звукоізоляція будинку, відповідає сучасним стандартам та має підвищений показник. Конструкція підлоги першого поверху заглиблена на 1,5 м та утеплена плитами ROCKWOOL Флор Баттс.

Загальна площа всіх світлопрозорих конструкцій складає 40% від загальної площі будівлі GREEN BALANCE. У будинках, зведених за типовими проектами, показник співвідношення площі скління до загальної площі будівлі коливається у проміжку від 18 до 20%.

Внаслідок максимального розташування світлопрозорих конструкцій на південній стороні, будівля GREEN BALANCE великою мірою забезпечена сонячними променями. Завдяки цьому поверхні, що знаходяться всередині теплоізольованої оболонки будинку нагріваються, тим самим досягається максимальне використання сонячного світла для опалення .

Ще одним прикладом будівництва енергоефективної будівлі є канадський офісний центр Manitoba Hydro Place, зведений у місті Вінніпег, представлений на рисунку 1.3.

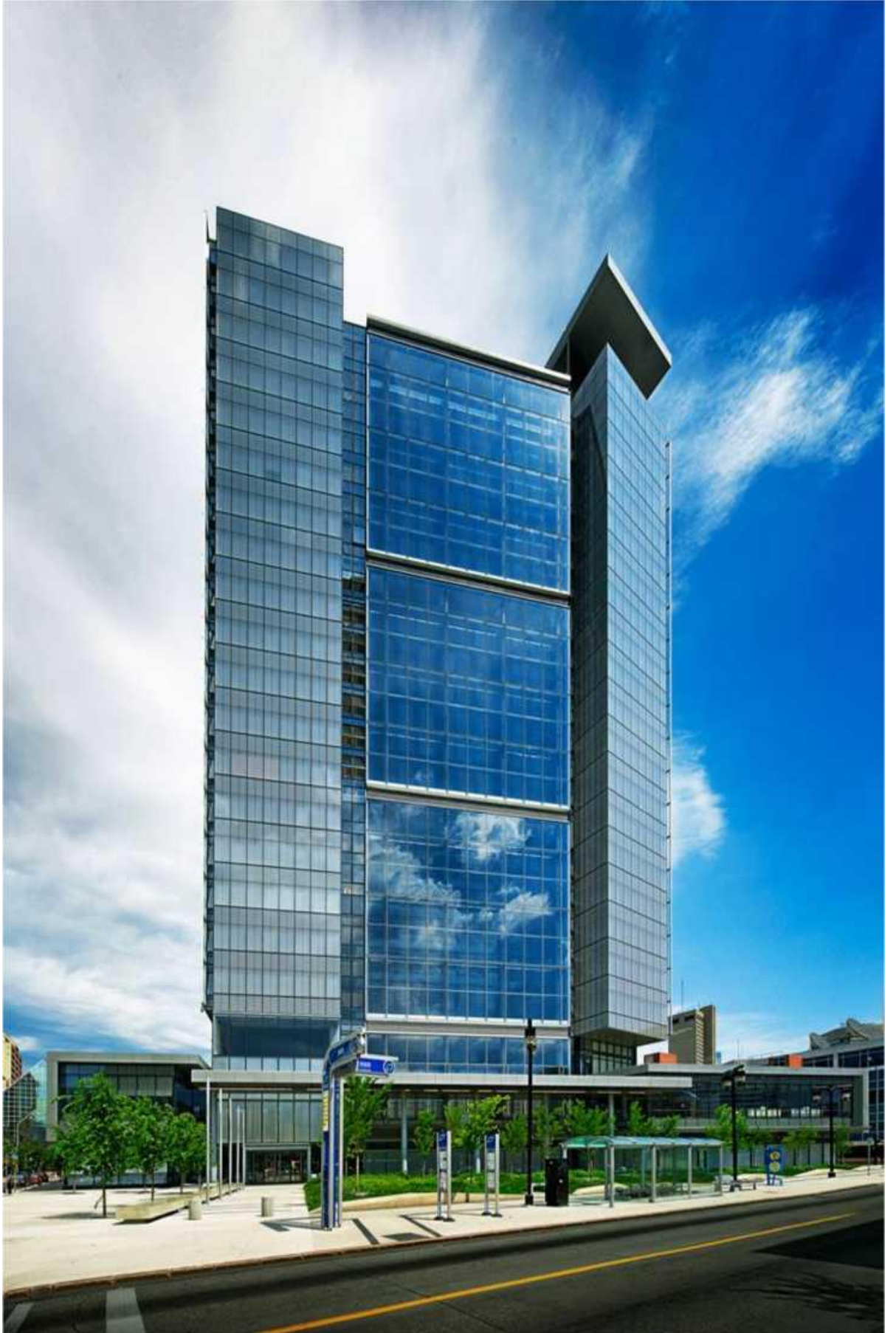


Рисунок 1.3 - Офісний центр Manitoba Hydro Place

Manitoba Hydro Place є 22-поверховою будівлею, висота якої складає 115 метрів. Завдяки обліку переваг місцевості - постійні вітри та розраховали, як максимально можна використовувати сонячну енергію, було скорочено споживання електроенергії на 70 %. Завдяки конструюванню абсолютно прозорих фасадів зі східного та західного боку вдалося істотно знизити витрати на електроенергію.

Щоб уникнути перегріву поверхонь 22-поверхової будівлі Manitoba Hydro Place, а також мінімізувати витрати на опалення та кондиціонування повітря, були спроектовані вікна, що автоматично відкриваються, і встановлені геотермальні свердловини, які дозволяють забезпечити комфортну температуру всередині будівлі. «Manitoba Hydro Place был построен по проекту бюро Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects и открыт в 2009 году».

У Лондоні був зведений енергоефективний комплекс Crystal, в якому розмістився центр з вивчення трансформації міст, представлений на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 - Комплекс Crystal

Над створенням проекту для подальшого будівництва комплексу Crystal працював інженерний склад архітектурного бюро Wilkinson Eyre Architects . Для максимального пропускання сонячних променів, архітекторами було передбачено влаштування світлопрозорих конструкцій, які займають найбільшу частину фасаду. В результаті збільшення площі скління будівля споживає на 50% менше енергії, ніж аналогічні офісні будівлі, а показник виділення вуглекислого газу, у свою чергу, зменшено на 65%. Підтримання оптимальної температури всередині будівлі (запобігання охолодженню та нагріванню поверхонь будівлі) досягається шляхом встановлення відновлюваних джерел енергії. Завдяки використанню таких прийомів на практиці корейським архітекторам у проекті Seoul Energy Dream Center, представленому на рисунку 1.5, вдалося заощадити близько 70 % енергії



Рисунок 1.5 - Проект Seoul Energy Dream Center

У проєкті Seoul Energy Dream Center будівля була орієнтована так, що найбільш оптимально вдалося використовувати вітрові та сонячні потоки, а особливий нахил стін дозволив забезпечити максимальну прохідність сонячних променів. Необхідні 30% енергії від середньої кількості енергії, необхідної на забезпечення подібних будівель, центр отримує рахунок геотермальних джерел і сонячних батарей.

Застосування замкнутого контуру дозволяє перешкоджати попаданню холодних потоків . У містах зі зниженими температурами при будівництві будівель застосовують рішення щодо спорудження споруди з цокольно-фундаментною частиною.

Що стосується теплової ізоляції стін, то найкращим рішенням є застосування сендвіч-панелей. Важливим елементом є не тільки теплоізоляція фундаментів, стін та покрівлі, а й світлопрозорих конструкцій. Скорочення теплопотрети через вікна вирішується шляхом використання конструкцій віконних блоків із заповненням інертними газами.

Необхідна організація припливно-витяжної вентиляції, тому дуже ефективним для таких районів стала вентиляційна система з рекуперацією тепла.

За даними Міністерства економіки України: «енергоефективність вітчизняної економіки за останні 10 років зросла на 13%». Однак, показник вітчизняної енергоефективності залишається нижчим від середньосвітового показника, але з урахуванням континентального і різко континентального кліматів (холодна зима, що вимагає витрат енергії на опалення, і спекотне літо з кондиціонуванням), результат не дуже поганий.

Поряд із Українськими містами, у Західних та Європейських країнах політика енергоефективного будівництва не менш актуальна.

Яскравим прикладом енергоефективної будови є проєкт реконструкції складу пива в штаті Каліфорнії місті Сан-Франциско, представлений на рисунку 1.6 [40].

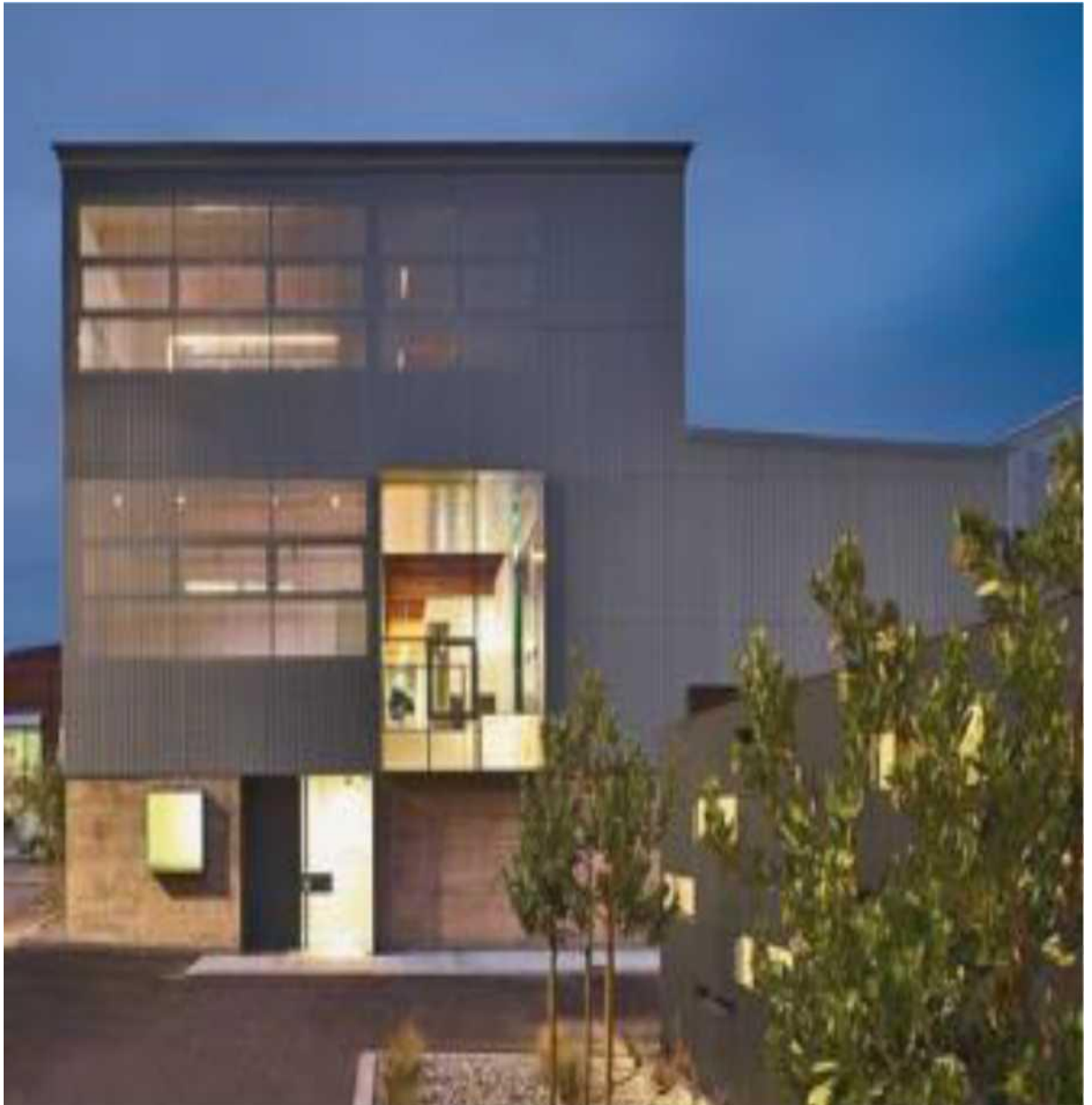


Рисунок 1.6 - Склад пива у Сан-Франциско

Фасад складу виконаний з перфорованого металу, що несе функцію сонцезахисту і дозволяє будівлі мати природну вентиляцію. Крім того, на покрівлі будівлі виконаний «зелений піриг». У будівлі розроблено низку заходів для збирання та рециркуляції води, а також інші технологічні особливості, що дозволяють отримати «Gold LEED rating» [26].

Ще одним прикладом енергоефективної будівлі є лабораторія енергії при Підготовчій Академії Гавай, представлена на рисунку 1.7.

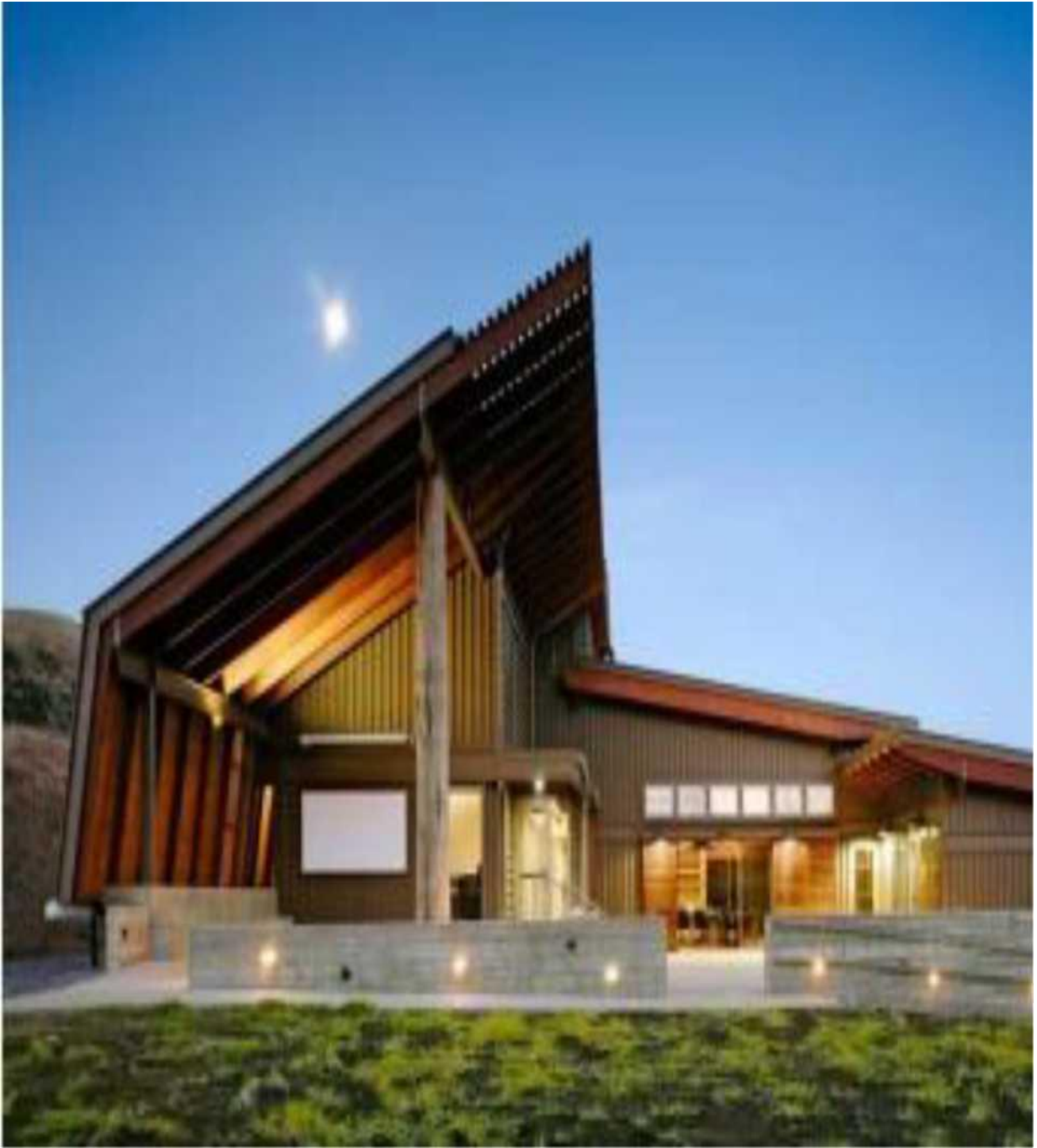


Рисунок 1.7 - Лабораторія енергії при Підготовчій Академії

Лабораторія є прикладом освітнього закладу, який отримав «LEED for Schools Platinum rating». Під час будівництва лабораторії з південного боку фасаду застосовувалися сонцезахисні елементи. Незвичайна форма покрівлі лабораторії дозволяє захищати будівлю від холодних потоків північних вітрів та забезпечує вентиляцію усередині будівлі. Ділянки покрівлі орієнтовані на південь використовуються для елементів гелію.

Вода з покрівлі збирається в резервуар і частково використовуються циклічно. Більше 70% віконних отворів спрямовані на південь.

В одному з міст Північно-Західної Англії було споруджено офісну будівлю One Angel Square, представлену на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 - Angel Square, Манчестер

Особливість будівлі полягає в тому, що вдень будівля генерує сонячну енергію для подальшого використання в нічний час. Завдяки розробленій подвійній конструкції фасаду в будівлі є можливість заощадити на опаленні. Ще однією важливою функцією офісної будівлі є переробка дощової води та забезпечення будівлі природною системою вентиляції [17-20].

Віконні отвори офісної будівлі розташовані під кутом для досягнення більшої світлопропускання [21-24]. Між двома зашкеленими шарами фасаду над віконними прорізами встановлені елементи сонцезахисту.

Найбільш видатним прикладом енергоефективного будинку є LSE's New Students' Centre, що будується в Лондоні, представлений на рисунку 1.9.

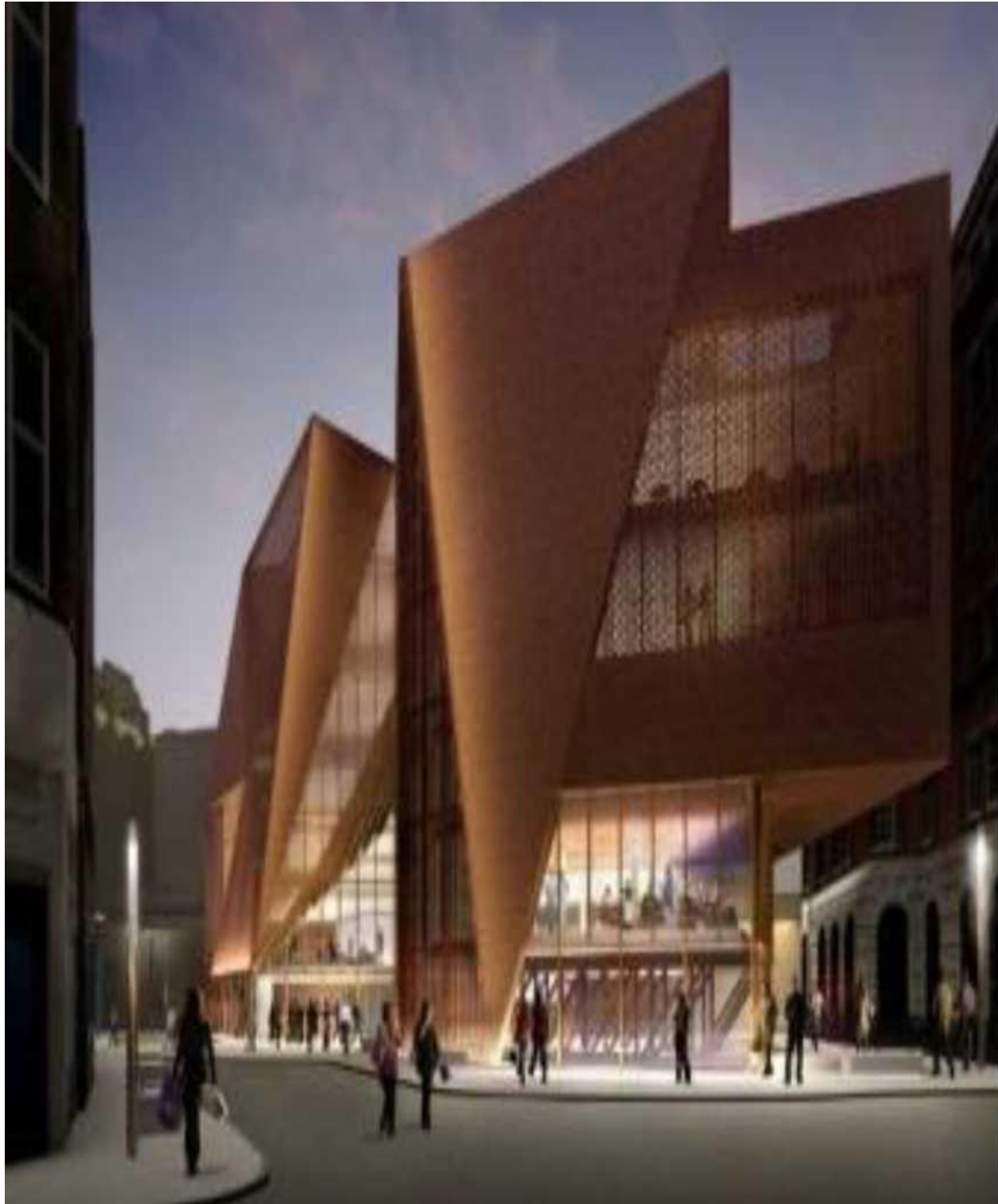


Рисунок 1.9 - LSE's New Students' Centre

У проекті будівлі LSE's New Students' Centre виконані всі загальні технологічні рекомендації та методи. Фасад будівлі спроектований із перфорованих панелей, що виконують функцію сонцезахисту.

На сьогоднішній день більшість вітчизняних компаній не мають уявлення про структуру енергоспоживання. У багатьох підприємств відсутнє поняття про те, які об'єкти споживають більше електроенергії, а які менше, що призводить до того, що підприємство не має можливості відобразити і проаналізувати свою модель витрати енергії, що згодом призводить до неможливості вибудувати конструктивні відносини. із постачальниками енергоресурсів.

Для досягнення успіху в політиці енергоефективності необхідний комплексний підхід заходів щодо енергозбереження.

Впровадження сучасних систем обліку, застосування інноваційних технологій та розробка продуктивних фінансово-економічних важелів управління виробничими процесами та споживанням енергоносіїв здатні не лише суттєво збільшити ефективність використання ресурсів, а й створити заділ на майбутнє.

1.2 Загальні принципи та особливості при проектуванні та будівництві енергоефективних багатофункціональних малоповерхових будівель

Будівництво енергоефективних будівель набуло поширення в сучасному будівництві [39].

При зведенні енергоефективних будівель необхідно враховувати кліматичні показники, а також природні особливості, такі як кількість сонячних променів, троянда вітрів, кількість опадів тощо.

Розглянемо основні напрямки втрат при будівництві малоповерхових будівель:

- вентиляційна система - втрати становлять 25-35% від усіх

втрат будівлі;

- конструкція стіни несе 20-35% від усіх втрат будівлі;
- на конструкцію покрівлі, залежно від складності, припадає 10-25% від усіх втрат будівлі;
- конструкція підлоги приймає на себе 3-6% втрат;
- віконні та дверні отвори втрачають від 15 до 30%.

На рисунку 1.10 представлені основні напрямки втрат у малоповерховому будинку.

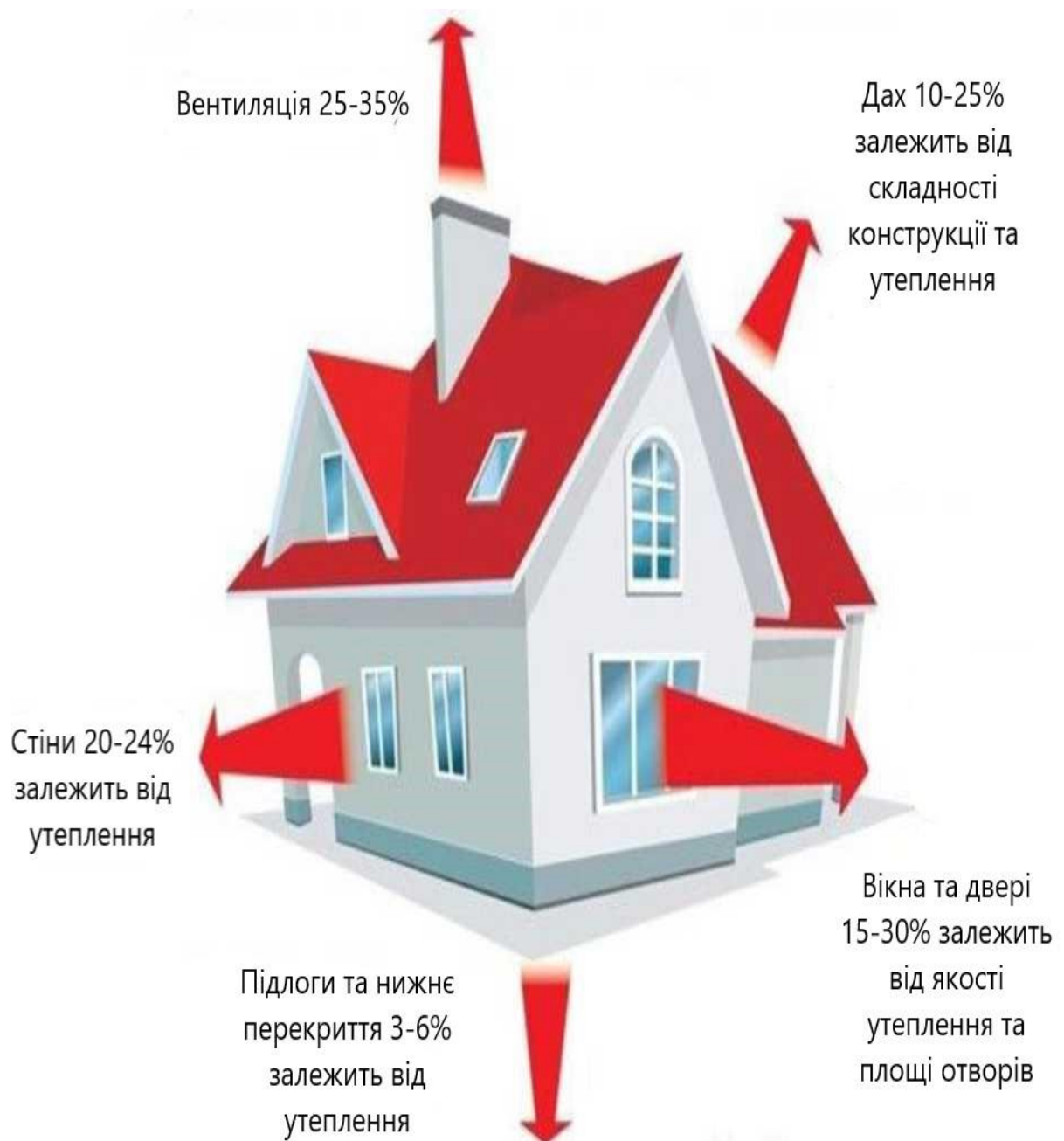


Рисунок 1.10 - Основні напрямки втрат у малоповерховому будинку

При будівництві енергоефективних будівель необхідно користуватися комплексним підходом, потрібно дотримуватися наступних принципів [25,37-38]:

- здійснювати підбір найефективніших матеріалів, що дозволяють зберігати тепло;
- вибрати найбільш оптимальне планування;
- поліпшити конструкцію віконних блоків і враховувати розташування скляних конструкцій з врахуванням споживання сонячних променів;
- збільшити термічний опір огорожувальних конструкцій;
- створення системи вентиляції для подачі свіжого повітря, видалення відпрацьованого повітря, розподілу тепла в приміщенні та організація регенерації тепла вентиляційного повітря.

При проектуванні енергоефективної будівлі можна виділити такі підрозділи:

а) посадка будинку біля:

1) при посадці будівлі на території необхідно враховувати орієнтацію його по сторонах світла, а саме: вітрозахист північної сторони будівлі та відкритість будівлі з півдня;

б) об'ємно-планувальні рішення:

1) при проектуванні будівлі необхідно дотримуватися принципу компактності будівлі: зменшити площу огорожувальних конструкцій щодо корисної площі самої будівлі;

2) зонування будинку досягається шляхом поділу на буферні (так звані приміщення, що не опалюються) і житлові зони. При проектуванні необхідно враховувати, що неопалювані, а також допоміжні приміщення необхідно розміщувати з північного боку, а житлові зони максимально на південному сході;

3) при проектуванні будівлі необхідно передбачати влаштування захисних конструкцій (балкони, карнизи, тераси), що перешкоджають

прямому потраплянню сонячних променів;

в) розташування світлопрозорих конструкцій:

1) на етапі проектування з північного боку необхідно виключити всі світлопрозорі конструкції;

2) з південного боку необхідно розташувати максимальну кількість віконних конструкцій, для максимального потрапляння сонячних променів усередину будівлі;

3) співвідношення світлопрозорих конструкцій до площі огорожувальних повинно становити: з південної сторони 70-80%, зі східної сторони 20-30%, із західної сторони 0-10% і з північної сторони 0%;

г) ізоляція поверхонь:

1) для досягнення високої якості при виробництві теплоізоляційних робіт, необхідно повною мірою виконувати утеплення всієї площі конструкцій, що огорожують, а також конструктивних елементів будівлі: фундамент, стіни, підлоги, дах і т.д.;

2) важливою складовою під час виробництва теплоізоляційних робіт є застосування лише якісних теплоізоляційних матеріалів;

3) при виконанні теплоізоляційних робіт необхідно дотримуватися технології виконання робіт - нанесена теплоізоляція повинна забезпечувати відсутність щілин між її частинами, деталями, швами;

4) важливою складовою при виробництві теплоізоляційних робіт є відсутність містків холоду (даний показник контролюється за допомогою тепловізора шляхом заміру полів температур поверхні конструкцій, що захищають);

5) у процесі виробництва теплоізоляційних, необхідно створити герметичну повітронепроникну оболонку будівлі (перевіряється тестом Blower Door);

д) інженерні системи:

1) при проектуванні будівлі, необхідно розробляти систему механічної вентиляції з високоефективною рекуперациєю тепла;

2) при зведенні будівлі потрібно передбачати встановлення додаткового обладнання, так як це дозволяє здійснювати пасивний попередній підігрів (або охолодження) повітря або води;

е) герметичність будівлі:

1) неконтрольовані витіки через зазори повинні бути меншими, ніж 0,6 на загальний об'єм будинку на годину під час тесту (надмірного тиску 50 Па);

2) герметичність будівлі досягається шляхом зменшення або повної відсутності термічних містків.

В результаті застосування всіх перерахованих вище умов, можна заощадити велику кількість енергії. Завдяки дотриманню всіх рекомендацій на практиці буде отримано пасивний будинок, в процесі експлуатації якого на опалення та охолодження потрібно не більше 20% від звичайного будинку.

1.3 Виявлення особливостей та недоліків проектування енергоефективних багатофункціональних малоповерхових будівель

У галузі проектування енергоефективних будинків на сьогоднішній день не сформовано єдину методику вибору комплексу заходів щодо енергоефективності. Проте з погляду економік енергоефективного будівництва можна дати позитивну відповідь. Насамперед, треба пам'ятати, що прийняті в нас норми теплового захисту будинків набагато нижчі, ніж в інших країнах. Крім того, будівництво енергоефективних будинків вигідне, тому що збільшення витрат на будівництво таких будинків можна швидко компенсувати. При експлуатації енергоефективного будинку використання електроенергії зменшується на половину, це означає, що модернізуючи будинок можна заощадити 50% на його утриманні.

1.4 Висновки з першого розділу

— проведено аналіз у галузі вітчизняного та зарубіжного будівництва

енергоефективних будівель;

— вивчено питання в галузі ресурсозбереження та енергоефективності;

— вивчено нормативну базу в галузі сучасного будівництва з урахуванням модернізації технологій, підвищення вимог щодо енергоефективності, безпеки та якості будівельних робіт, а також щодо покращення екологічної та естетичної ситуації;

— виявлено ключові особливості при проектуванні та облаштуванні енергоефективних будівель; - були виявлені загальні принципи та особливості при проектуванні та будівництві енергоефективних малоповерхових будівель;

— зроблено аналіз переваг в галузі будівництва малоповерхових енергоефективних будівель;

— зроблено аналіз недоліків у галузі будівництва малоповерхових енергоефективних будівель;

— розглянуто питання застосування технологій для зведення енергоефективних будівель у світовому ракурсі.

РОЗДІЛ 2

ПРОВЕДЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ В ГАЛУЗІ МАЛОПОВЕРХОВОГО БУДІВНИЦТВА БУДІВЕЛЬ

2.1 Збір загальних відомостей про об'єкт будівництва

Перед проведенням енергозберігаючих заходів необхідно провести аналіз основних характеристик будівлі, що будується шляхом збору відомостей про об'єкт будівництва.

Будівля котеджного типу, розташована у Дніпровському районі, село Старі Кодаки є двоповерховою будовою з опалювальним підвалом.

Розміри у плані становлю 10,0x10,0 м.

Кількість поверхів - 2.

Висота поверху складає 3,2 м.

ундаменти виконані збірні стрічкові бетонні блоки типу ФБС на бетонній подушці.

Конструкція зовнішньої стіни виконані з керамічних блоків BRAER з облицюванням стіни цеглою керамічною одинарною порожнистою (рисунок 2.1).

Віконні отвори виконані з однокамерного склопакета зі склом з енергозберігаючим покриттям AGC (Мультифункціональне скло Energy).

Стіна несуча

Розріз 1-1

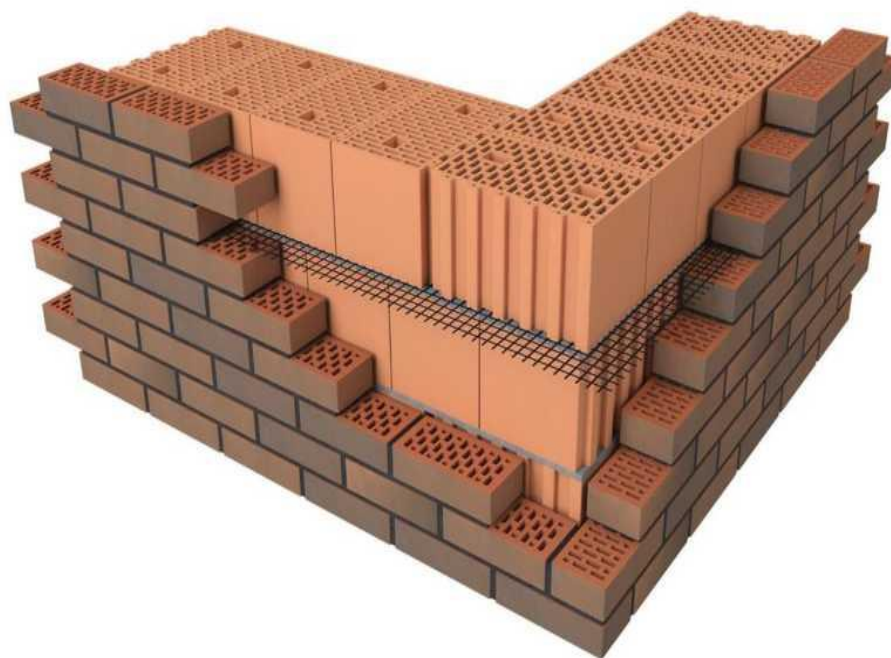
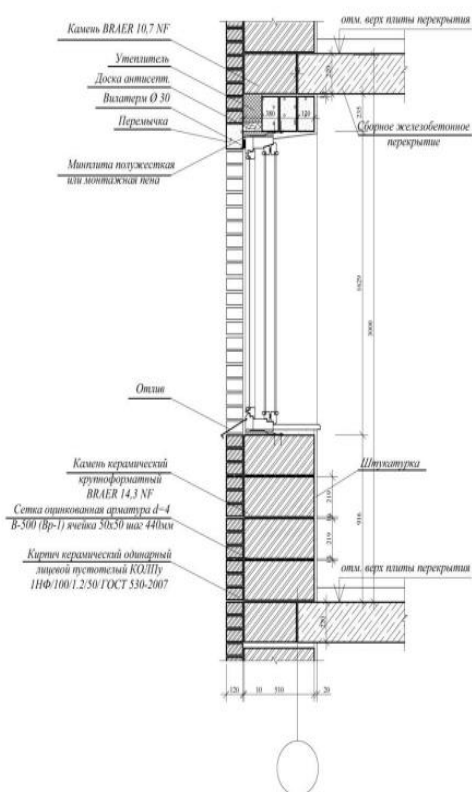


Рисунок 2.1 -Конструкция стіни

2.2 Аналіз вибраних сучасних матеріалів, що використовуються при будівництві багатофункціональної малоповерхової будівлі

При будівництві малоповерхового будинку котеджного типу для підвищення енергоефективності будівлі були обрані камінь керамічний великоформатний BRAER 14.3 NF з розмірами 510x250x219 мм, представлений на малюнку 14 і вікна з однокамерного склопакета зі стеклами. рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 - Камінь керамічний великоформатний BRAER 14.3 NF

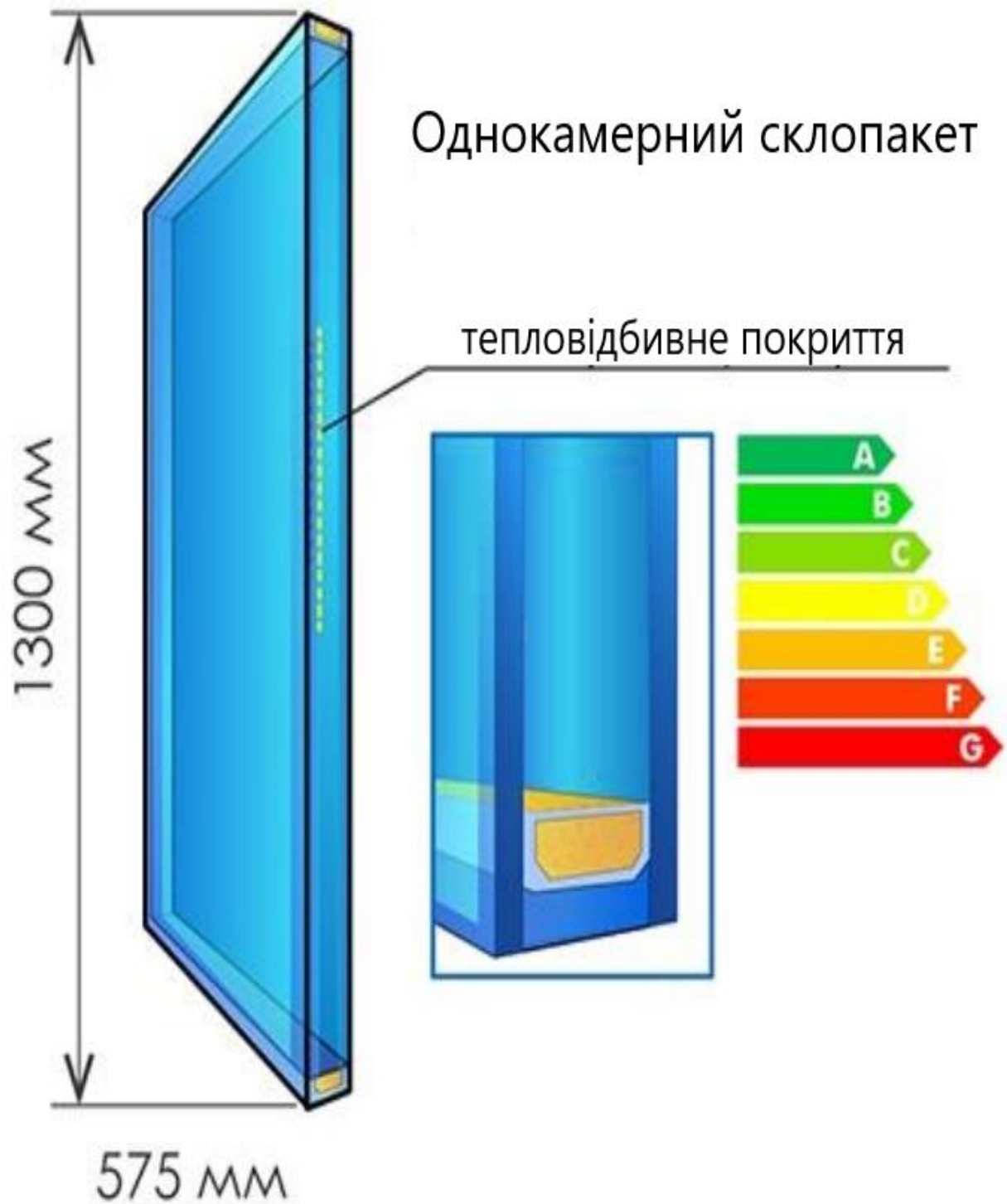


Рисунок 2.3 - Вікна з однокамерного склопакета зі скла з енергозберігаючим покриттям AGC (Мультифункціональне скло Energy)

Підібрані раніше матеріали мають такі переваги:

а) камінь керамічний великоформатний BRAER 14.3 NF:

1) керамічні блоки виробляються на сучасних європейських

установках, завдяки повній автоматизації виробництва, керамічні блоки мають мінімальний показник появи шлюбу. Після проходження кожного етапу виробництва, керамічний блок піддається обов'язковому контролю шляхом виконання вимірів і проведення тестів. Після просушування зразка в сушильній камері стінові блоки необхідно протестувати на залишкову вологість, щільність, порожнечу, вагу. Після обробки в довгій тунельній печі, що дає рівномірний випал, встановлюється відповідність якості поризованих блоків [32];

2) керамічні блоки BRAER мають відмінну геометричну форму, характеризуються високою однорідністю складу, з постійним розміром порожнин. Формати керамічних блоків, що виготовляються, варіюються від 2,1 NF до 14,3 NF. Кожен керамічний блок ставиться знак якості BRAER. Після проставлення знака якості, керамічні блоки BRAER поміщаються на спеціальні піддони для подальшого транспортування. Після чого блоки завертаються у фірмову плівку BRAER і відправляється на продаж [32];

3) відмінні теплотехнічні характеристики великоформатних керамічних блоків БРАЕР досягаються за рахунок високого відсотка порожнечі (бл. 59%), поризованої структури каменю та наявності системи паз-гребінь, яка дозволяє зменшити тепловтрати через відсутність розчину у вертушки. кальних швах. Низький коефіцієнт теплопровідності 0,14 - 0,18 Вт/(м*С) можна порівняти з показниками деревини. Блоки мають такі характеристики: водопоглинання- 11:04%; морозостійкість-Р50; розмір-510x250x219 мм; марка-М125; теплопровідність од. вироб-від 0,1Вт/(м°С); теплопровідність від 0,14Вт/(м°С) [33];

4) керамічні блоки мають невеликий коефіцієнт теплопровідності, завдяки чому добре зберігають тепло. Гарні теплоізоляційні властивості керамічних блоків дозволяють застосувати одношарову конструкцію зовнішньої стіни (блоків товщиною 510 мм) з використанням теплого розчину, тобто без додаткового утеплення;

5) через свій великоформатний розмір і правильну геометрію (яку

мають якісні керамічні блоки), для з'єднання блоків при кладці стін потрібно менше розчину, ніж для цегли стандартного розміру, що має нерівну форму. Плюс до цього при стиковці блоків по вертикалі розчин не потрібно, що зменшує кількість «мостиків холоду» у стіні [35];

7) за даними виробників, термін служби керамічних блоків становить не менше 150 років. Вони стійкі до впливів навколишнього середовища, зокрема, відрізняються підвищеною морозостійкістю, стійкістю до впливу УФ-променів. Крім того, поризовані блоки мають хороші характеристики міцності [35];

8) керамічні блоки здатні створювати комфортний і природний мікроклімат у приміщеннях будинку цілий рік: влітку будинок не буде перегріватися (за винятком, можливо випадків аномальної спеки та особливостей розташування будинку), а взимку не випускатиме вироблене тепло назовні. Ця закономірність працює при зміні часу доби;

б) вікна з однокамерного склопакета зі склом з енергозберігаючим покриттям AGC (Мультифункціональне скло Energy):

1) мультифункціональне скло Energy нового покоління захищає приміщення від тепловтрат, а також запобігає перегріванню приміщення. Температурний режим приміщення знаходиться під контролем завдяки мультифункціональному склу Energy;

2) мультифункціональне скло на просвітленій основі дозволяє домогтися не тільки чудових енергозберігаючих і сонцезахисних властивостей, але і виключити зелені відтінки скління. Візуально фасад будівлі стає нейтральним, прозорим та легким, а у приміщенні завжди світло та комфортно [34];

3) високі показники світлопропускання і теплопередачі дозволяють використовувати Energy у різних кліматичних зонах. Технічні характеристики Energy N/NT дають можливість захистити приміщення від тепловтрат і шкідливих УФ-променів, а переваги мультифункціонального скла роблять його ідеальним рішенням для фасадного скління об'єктів, як житлової, так і

комерційної нерухомості [31];

4) вікна з однокамерних склопакетів з мультифункціональним склом Energy мають відмінний показник теплопередачі і гідний солярний фактор дозволяють ефективно захистити приміщення від нагрівання в літній період і, навпаки, забезпечити високу теплоізоляцію в холодну пору року (Світлопропускання-64%; рефлексивність - 26%, сонцезахист - 42%.

2.3 Теоретичне та практичне обґрунтування обраних покращених матеріалів та конструкцій шляхом розрахунку та заміру тепловізором отриманих конструкцій

Середня добова температура зовнішнього повітря становила +7°C.

Замір показників конструкції здійснювався тепловізором TemPro VISION, фірма-виробник ADA INSTRUMENTS, представленим на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 - Тепловізор TemPro VISION фірми виробник ADA INSTRUMENTS

«ADA TemPro VISION - прилад дозволяє фіксувати видиме та інфрачервоне (ІЧ) зображення разом із вимірними даними та зберігати їх на карті пам'яті для подальшого аналізу, а також складання звітів. Висока роздільна здатність ІЧ зображення досягається шляхом обробки даних від детектора (60x60 пікселів). Це дозволяє підвищити якість зображення вдвічі» [29].

Вбудована цифрова камера дозволяє одночасно зберігати як термограму, так і реальний цифровий знімок. Накладаючи один знімок на інший легко розпізнати об'єкт, як у процесі вимірювань, так і при подальшій демонстрації або перегляді збережених даних. Інтенсивність накладання ІЧ зображення та реального знімка можна вибирати. Точки критичних температур видно безпосередньо на дисплеї тепловізора. Правильно вибрана в меню приладу палітра кольорів дозволить отримати більш чітке та інформативне зображення. Налаштування температури навколишнього середовища в меню допомагає отримати найточніші дані вимірювання температури об'єктів».

«Пристрій електронний для вимірювання температури ADA TemPro VISION ідеально підійде для тепловізійних обстежень як у побуті, так і на виробництві: моніторинг та виявлення прихованих систем опалення та їх розривів, пошук витоків тепла та критичних температур, безпечне спостереження за температурою працюючого або під підтримкою напругою обладнання, складання звітів ».

— Вищезгаданий тепловізор має такі показники (дивись рисунок 2.5):

— temp.range: -20°C - 300°C (-4°F -572°F);

— accuracy: ±2.0°C (3,6°F); ±2%.



Рисунок 2.5 - технічні характеристики тепловізора TemPro VISION фірми виробник ADA INSTRUMENTS

Приклад діаграми виміру звичайного склопакета та енергоефективного представлений на рисунку 2.6 .

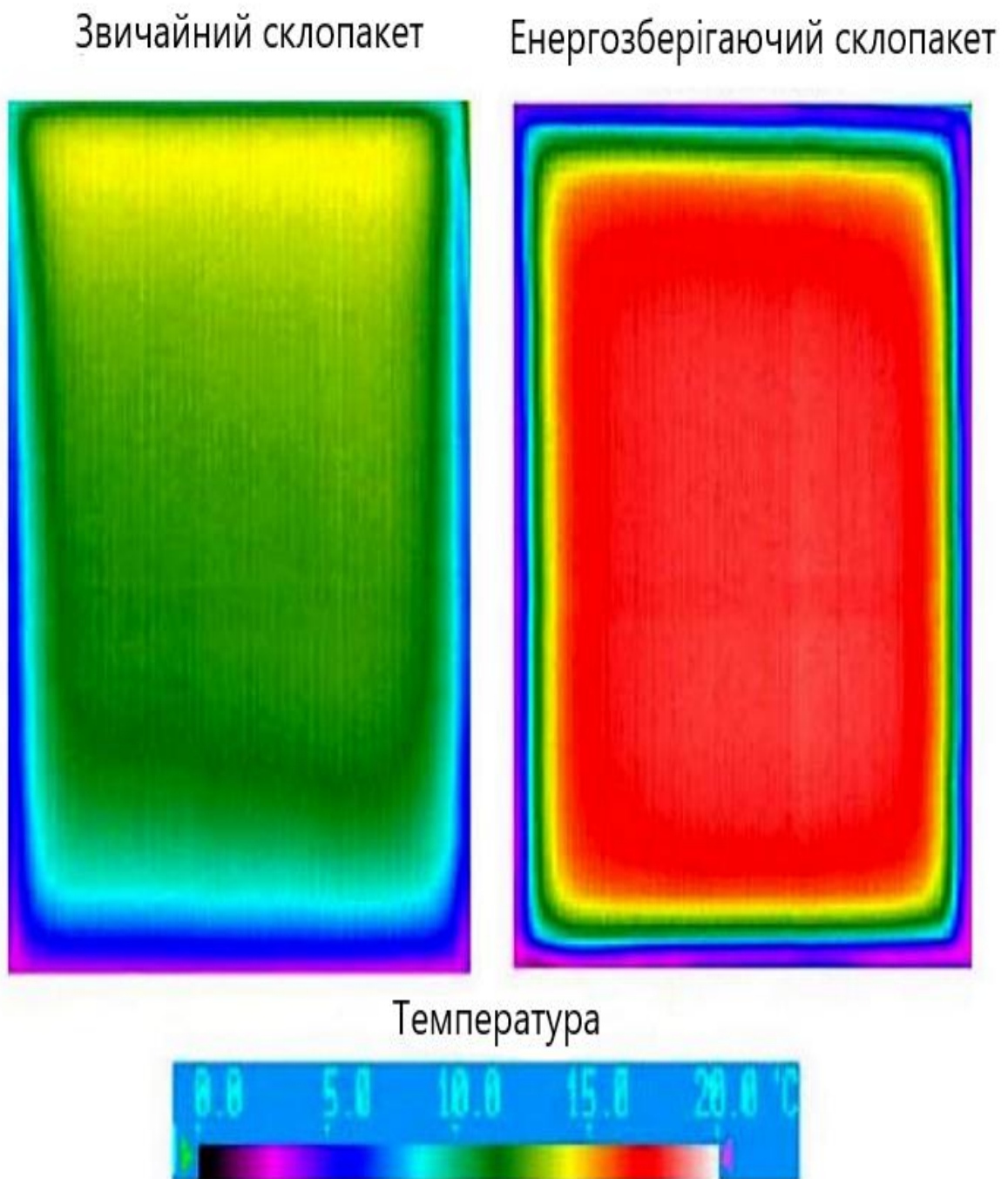


Рисунок 2.6 – Приклад діаграми вимірювання звичайного склопакета та енергоефективного склопакета

У процесі проведення вимірів на практиці були отримані такі результати (див. рисунок 2.7, 2.8).

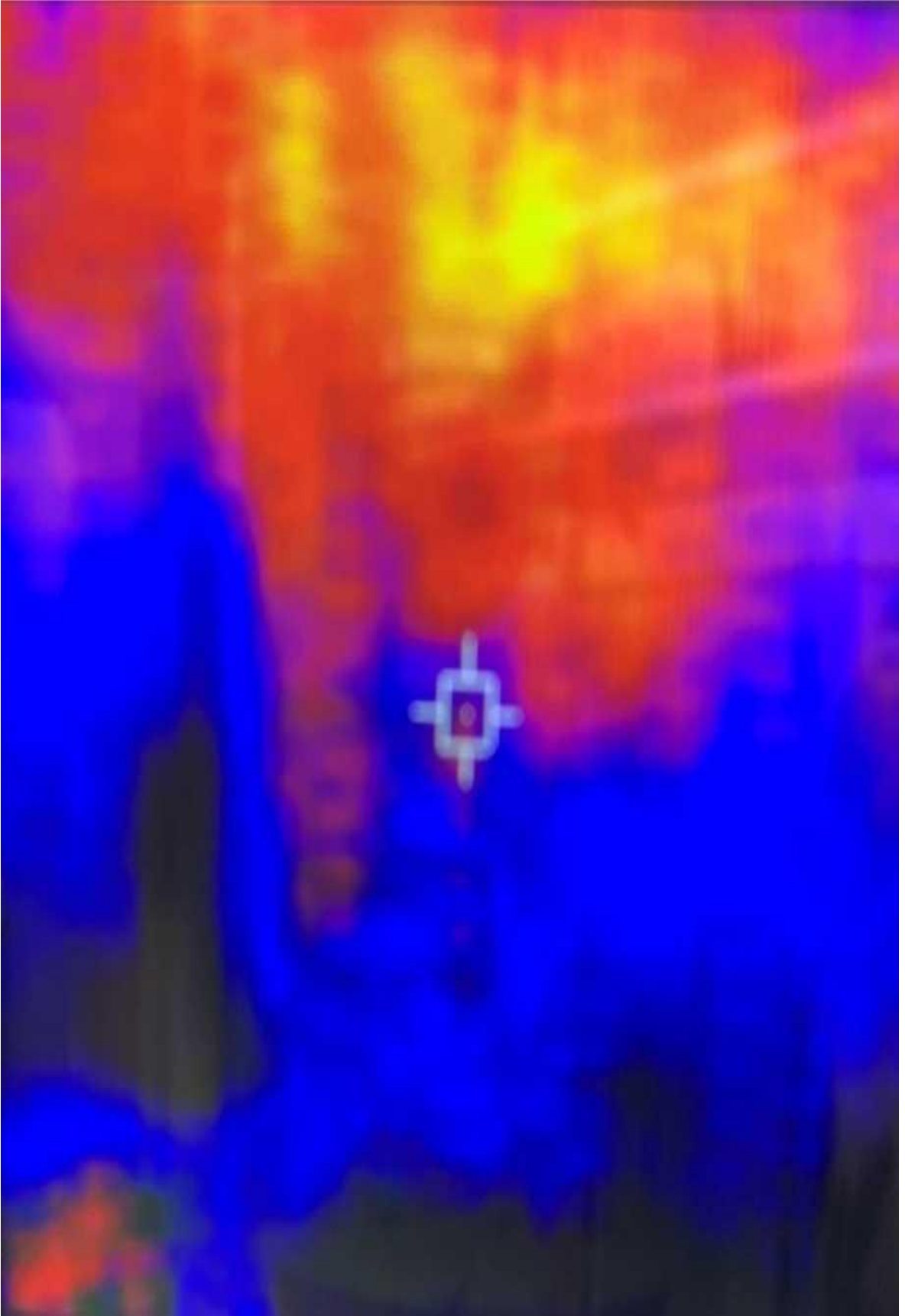


Рисунок 2.7 - Вимірювання пластикового вікна тепловізором TemPro VISION
фірми виробник ADA INSTRUMENTS

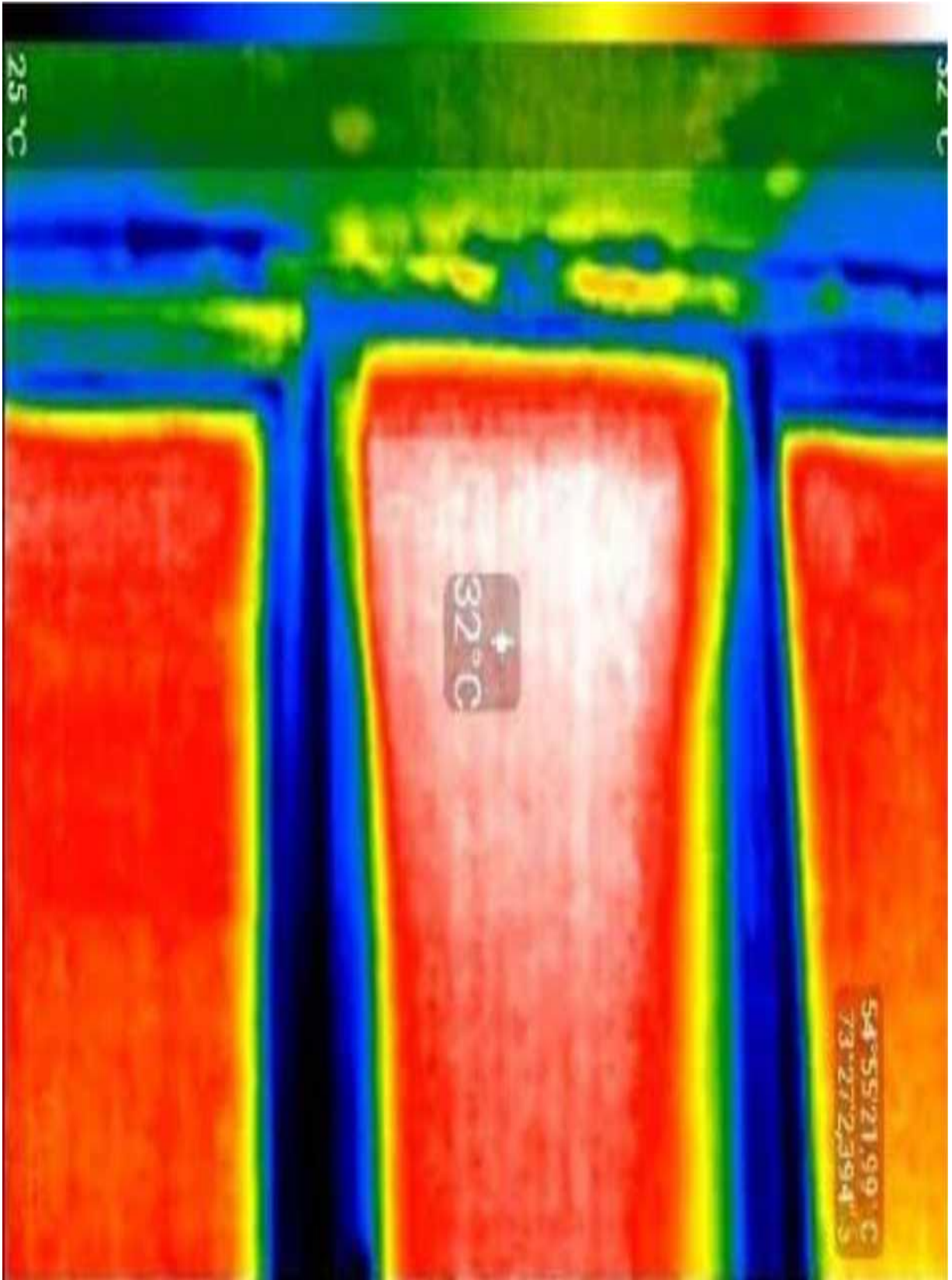


Рисунок 2.8 - Вимірювання пластикового вікна тепловізором TemPro VISION фірми виробник ADA INSTRUMENTS зі склом з енергозберігаючим покриттям AGC (Мультифункціональне скло Energy

В результаті проведених вимірів було доведено, що вікна зі склом з енергозберігаючим покриттям AGC (Мультифункціональне скло Energy) є найбільш енергоефективними.

Для обґрунтування обраної конструкції зовнішньої стіни виконаної з керамічних блоків BRAER з облицюванням стіни цеглою керамічним одинарним пустотілим проведемо теплотехнічний розрахунок.

Вихідні дані:

- найменування об'єкта – у Дніпровському районі, село Старі Кодаки є двоповерховою будовою з опалювальним підвалом;
- вид будівлі/приміщення - І - Житлові, лікувально-профілактичні та дитячі установи, школи, інтернати, готелі та гуртожитки;
- температура внутрішнього повітря - 23 ° С;
- місто Дніпро;
- перепад між температурою внутрішнього повітря та внутрішньою поверхнею стіни - 7 °С.

Конструкція стіни представлена рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 - Конструкція стіни для проведення теплотехнічного розрахунку

а) внутрішнє оздоблення:

- 1) $t_1 = 10$ мм;
- 2) $\lambda_1 = 0.93$ Вт/м°C 2;

б) несуча стіна:

- 1) $t_2 = 510$ мм;
- 2) $\lambda_2 = 0.14$ Вт/м°C;

в) облицювальний шар:

- 1) $t_5 = 120$ мм;
- 2) $\lambda_5 = 0.58$ Вт/м°C.

Результат теплотехнічного розрахунку:

а) градусодоба опалювального періоду визначається за формулою:

$$\Gamma_{\text{доп}} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{оп.пер.}}) * z_{\text{оп.пер.}} = 5166 \text{ градусо/дїб} \quad (2.1)$$

де $t_{\text{вн}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря у приміщенні, °C; приймаємо 20°C (ив. ДСТУ, п.5.6.)

$t_{\text{оп.пер.}}$ - середня температура опалювального періоду, °C;

$z_{\text{оп.пер.}}$ - тривалість опалювального періоду, дїб.

б) необхідні опори теплопередачі огорожувальної конструкції:

$$R_{\text{тр1}} = \alpha * \Gamma_{\text{доп}} + \beta \quad (2.2)$$

$$R_{\text{тр1}} = 3.208 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

$$R_{\text{тр2}} = t_{\text{вн}} - t_{\text{ндн}} * 8.7 \quad (2.3)$$

$$R_{\text{тр2}} = 0.788 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

в) наведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції:

$$R = \frac{t_1}{\lambda_1} + \frac{t_2}{\lambda_2} + \frac{t_3}{\lambda_3} + 1,23 + 18,7 \quad (2.4)$$

$$R = 4.019 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

$$R = 4.019 > R_{\text{тр}} = 3.208 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Наведений опір теплопередачі більше, ніж потрібно. Умова по теплозахисту огорожувальної конструкції виконується. Підібраний енергоефективний матеріал камінь керамічний великоформатний BRAER 14.3 NF з розмірами 510x250x219 мм відповідає вимогам теплотехнічного розрахунку.

Крім комплексу обраних енергоефективних матеріалів, при будівництві малоповерхової житлової будівлі необхідно скоротити кількість тепловтрат через систему вентиляції повітря.

Обстеження та модернізація систем вентиляції необхідна для спорудження в приміщеннях комфортного мікроклімату. Перед початком проведення заходів щодо модернізації системи вентиляції та електропостачання необхідно провести обстеження систем та зібрати наступні дані.

Потрібно виділити основні типи систем вентиляції.

а) за способом переміщення повітря:

- 1) природна,
- 2) механічна,
- 3) комбінована;

б) у напрямку повітряного потоку:

- 4) припливна вентиляція,
- 5) витяжна вентиляція,
- 6) припливно-витяжна вентиляція;

в) за місцем дії:

- 7) загально обмінна,
- 8) місцева,
- 9) комбінована;
- г) за призначенням:
 - 10) аварійна,
 - 11) робітнича.

Основні типи вентиляції представлені малюнку 2.10.

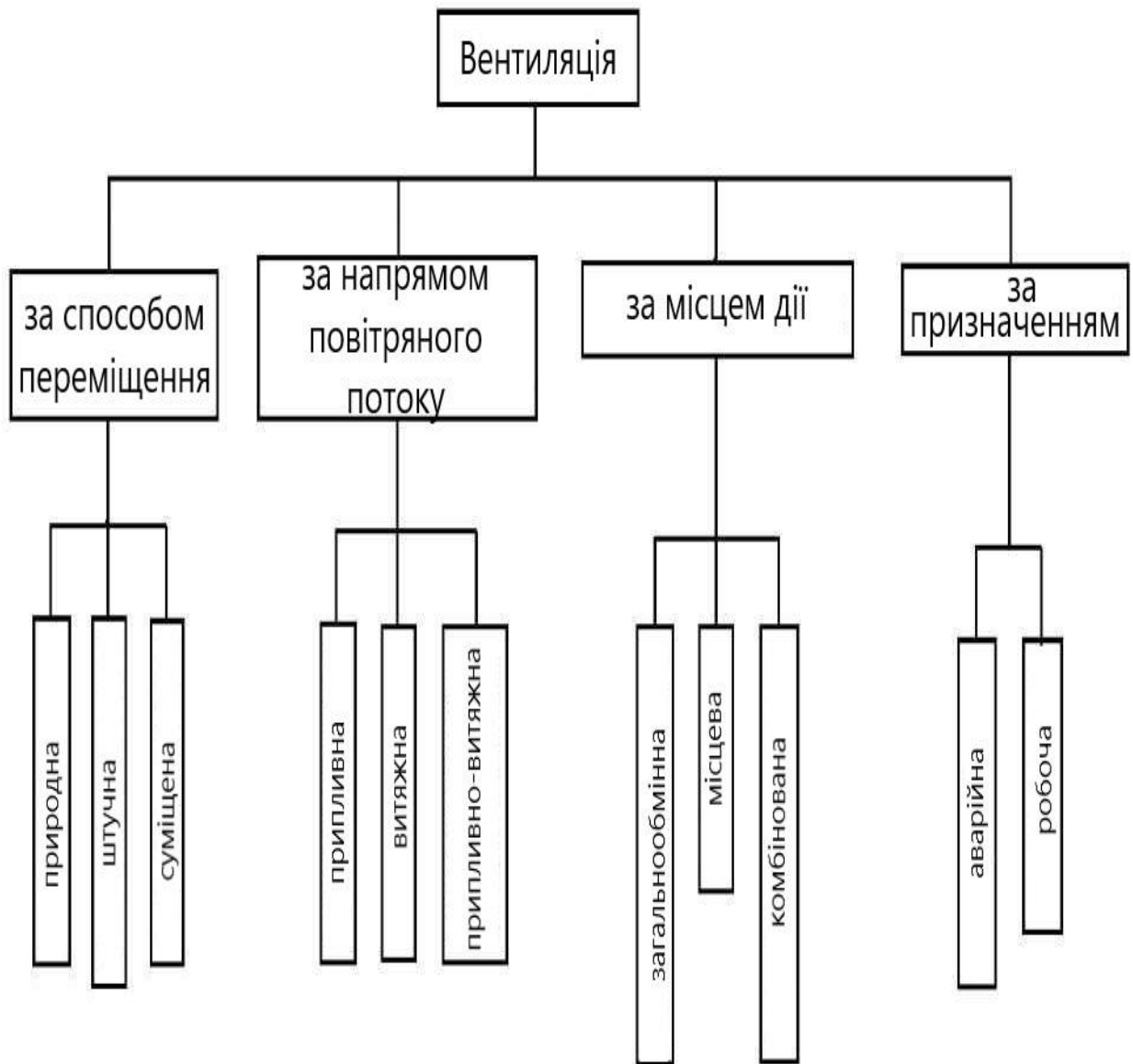


Рисунок 2.10 – Основні типи вентиляції

Після виділення основних типів вентиляції, необхідно врахувати технічний стан всіх елементів системи: виявити дефекти та несправності. Визначити герметичність повітроводів. Протестувати систему на наявність механічних пошкоджень приладів.

Після цього необхідно провести виміри обсягу витяжки повітря. Здійснити перевірку на прохідність вентиляційних каналів.

Для запобігання втратам через систему вентиляції необхідно забезпечити кожен кімнату герметичною конструкцією світлопрозорих елементів, а також забезпечити припливні системи регульованими пристроями для подачі повітря.

На сьогоднішній день існують припливні клапани, що вбудовуються безпосередньо в конструкцію стіни [15]. Завдяки влаштуванню таких клапанів, зникає необхідність тримати вікна відкритими для подачі повітря.

Налаштування показника пропускної спроможності простого клапана можна здійснити вручну.

Управління найбільш складних моделей здійснюється завдяки застосуванню автоматики шляхом визначення температури зовнішнього повітря.

Застосування припливних клапанів, за умови відсутності повітропроникності конструкцій, що захищають, дозволяє знизити показник тепловтрат будинку на 10%.

Приточні клапани можна встановлювати безпосередньо у віконних системах. Приклад установки припливного клапана у віконній системі представлений на рисунку 2.11.

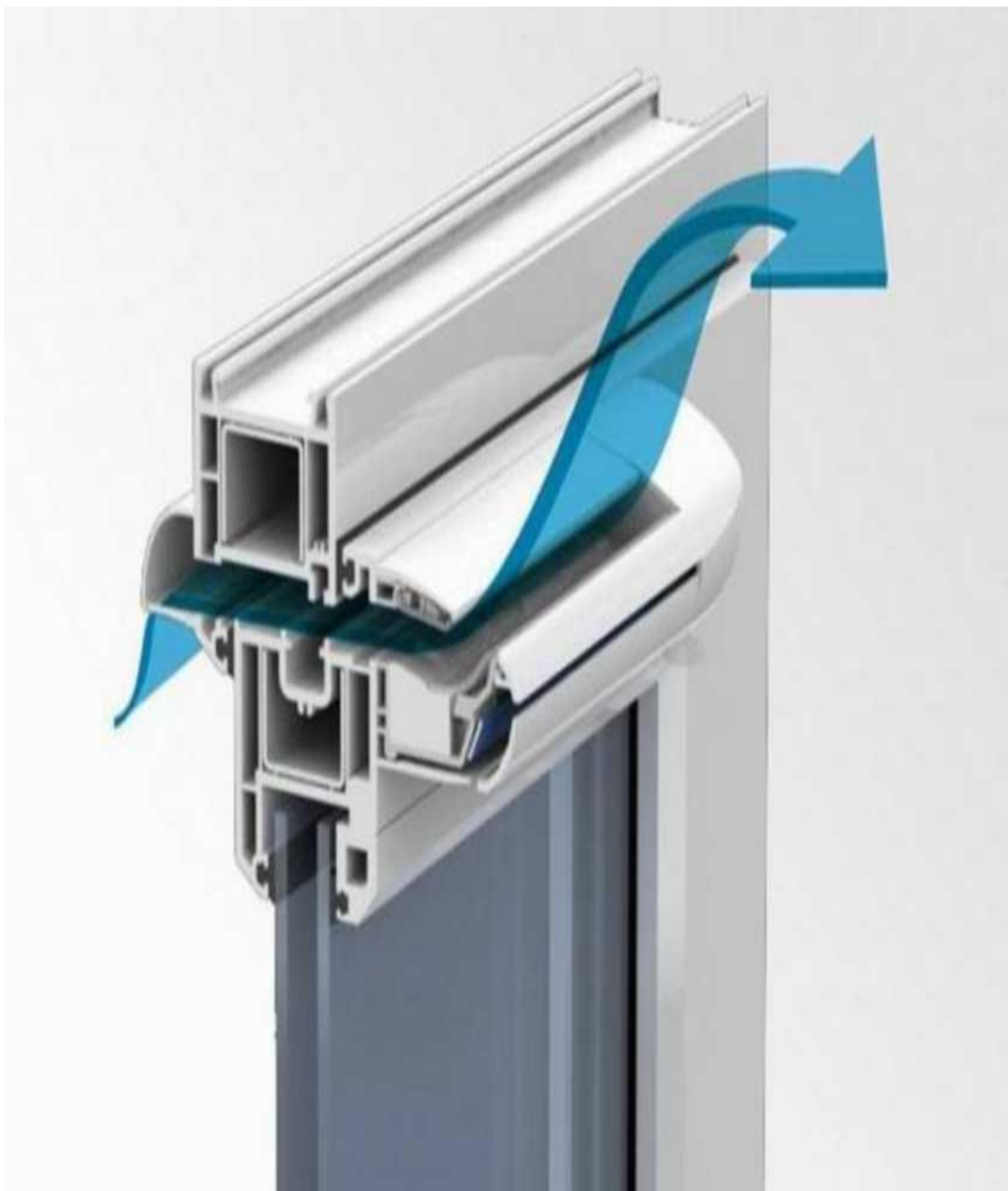
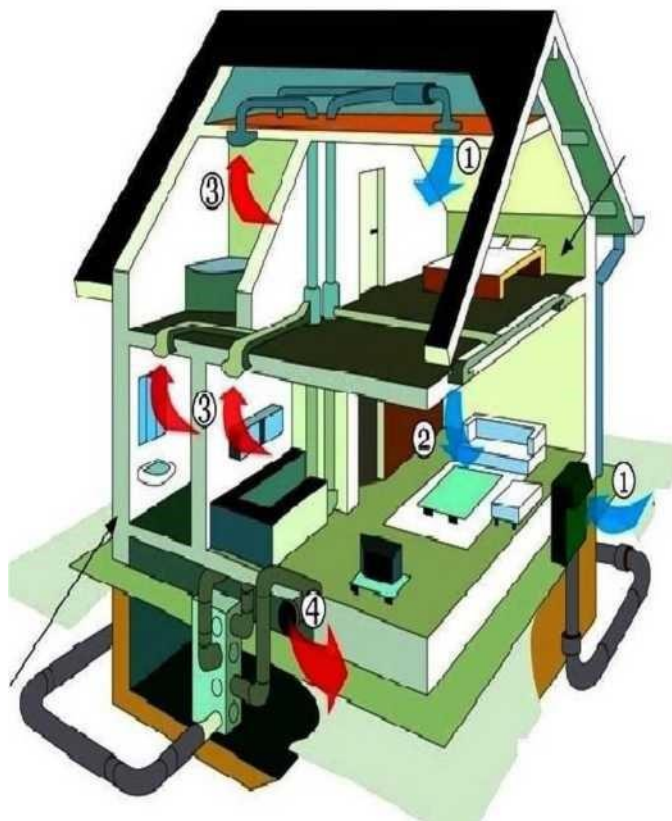


Рисунок 2.11 - Припливний клапан, обладнаний у віконних системах

Для запобігання втраті тепла через систему вентиляції, необхідно використовувати систему вентиляції з рекуперацією. Приклад системи рекуперації тепла представлений на рисунку 2.12.



Вентиляція з рекуперації тепла

- ① Чисте та свіже повітря надходить до житлових кімнат
- ② Перетікає в коридори та сходові клітини
- ③ Потрапляє у кухні, ванні кімнати, туалети
- ④ Виходить назовні, забираючи з собою неприємні запахи

Рисунок 2.12 - Система вентиляції з рекуперацією тепла

«Вентиляція з рекуперацією тепла (Тепло геВСП), також відома як механічна вентиляція з рекуперацією тепла (МВХР), є системою вентиляції з рекуперацією енергії, яка працює між двома джерелами при різних температурах» [34,16].

«Рекуперація тепла - це метод, який використовується для зменшення вимог до опалення та охолодження будівель. При рекуперації залишкового тепла у вихлопних газах свіже повітря, що подається в систему кондиціонування повітря, попередньо нагрівається (попередньо охолоджується), а ентальпія свіжого повітря збільшується (зменшується) до того, як свіже повітря надходить у приміщення або повітроохолоджувач кондиціонера виконує тепло. Типова система рекуперації тепла в будинках складається з основного блоку, каналів для припливного та витяжного повітря та повітродувних вентиляторів. Витяжне повітря будівлі використовується як джерело тепла або тепловідведення залежно від кліматичних умов, пори року та вимог будівлі. Системи рекуперації тепла зазвичай відновлюють близько

60-95% тепла у відпрацьованому повітрі та значно підвищують енергоефективність будівель» .

Передача тепла в системі з рекуперацією здійснюється через теплообмінник, завдяки чому не відбувається змішування різних типів повітряних потоків. Найчастіше такий варіант застосовується з припливно-витяжною вентиляцією. Однак ця конструкція передбачає роботу від енергомережі.

Рекупераційна вентиляція є новим типом для вітчизняного простору, тому поки що технологія не надто поширена. Система з рекуперацією є енергоефективною і дозволяє економити на опаленні (вентиляція не витягуватиме з будинку теплову енергію).

Рекупераційна система вентиляції дозволяє економити на опаленні, а з урахуванням постійно дорожчають енергоносіїв, виходить дуже суттєва сума, яка швидко окупає всі початкові витрати.

При виборі теплообмінного обладнання потрібно враховувати ККД обладнання. Залежно від типу теплообмінного устаткування цей показник варіюється від 30 - 80%. Оптимальним вважається теплообмінник із ККД від 60 % [8].

2.4 Висновки з другого розділу

- зібрані відомості про об'єкт будівництва;
- проведено аналіз обраних сучасних, що використовуються при будівництві матеріалів;
- проведено теоретичне обґрунтування обраних покращених матеріалів та конструкцій; - виконані практичні виміри склопакетів з енергозберігаючим покриттям AGC (Мультифункціональне скло Energy) за допомогою приладу тепловізора;
- виконані практичні виміри звичайного однокамерного склопакета за допомогою приладу тепловізора;
- виявлено основні переваги та недоліки обраних енергоефективних

матеріалів;

- проведено обстеження системи вентиляції;
- проведено обстеження системи електропостачання;
- представлено технологію вдосконалення системи вентиляції.

РОЗДІЛ 3
ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСОВУВАНИХ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ У ГАЛУЗІ МАЛОПОВЕРХОВОГО
БУДІВНИЦТВА БУДІВЕЛЬ

3.1 Порівняння вартості застосовуваних енергоефективних матеріалів зі вартістю звичайних

В результаті детального аналізу та проведення вимірів підвищення енергоефективності малоповерхового житлового будинку, що будується, були підібрані наступні матеріали:

-Камінь керамічний великоформатний BRAER 14.3 NF;

-Вікна з однокамерного склопакета зі склом з енергозберігаючим покриттям AGC (Мультифункціональне скло Energy).

Для визначення фактичних витрат було проведено моніторинг ринку, в результаті чого було виявлено, що вартість одного блоку BRAER 14.3 NF у порівнянні зі звичайним шлакоблоком склала 321 грн.шт (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Порівняння вартості склопакетів

Тип блоку	Керамзитобетонні блоки	Камінь керамічний великоформатний BRAER 14.3 NF
Розмір	510x250x219	510x250x219
Вартість	210 грн	259 грн.

Застосування на практиці стінових блоків Браер дозволяє мінімізувати витрати на будівництво і призводить до скорочення термінів будівництва.

За рахунок великого формату блоків Браер при будівництві

малоповерхового будинку скорочується витрата розчину, необхідного для монтажу конструкцій, що призводить до збільшення продуктивності праці.

Завдяки пористій структурі вага блоку незначна, отже, навантаження на фундамент зменшується, що призводить до економії при облаштуванні фундаменту.

Керамічні блоки високонадійні і міцні, не потрібно особливих економічних зусиль для підтримки в хорошому стані будівель, споруджених за їх допомогою.

Для проведення розрахунку приймемо малоповерховий будинок з розмірами в плані 10,0x10,0 м, висота поверху 3,2 м, кількість поверхів 2. Зовнішнє облицювання представлено у вигляді облицювальної цегли.

Вартість зведення стін 2-х поверхового будинку з каменю керамічного великоформатного BRAER 14.3 NF складає 1629646,48 грн.

Докладний розрахунок подано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 - Вартість зведення стін 2-х поверхового будинку з каменю керамічного великоформатного BRAER 14.3 NF

Матеріали	Кількість	ціна за од.	Вартість
Лицьова цегла BRAER, 1,4 NF 250x120x88, Червона, Гладка	9856 шт. (30,6 т, 28 піддонів)	40,46 грн.	398 773,76 грн.
Керамічний блок BRAER THERMO 14,3 NF 510x250x219	4200 шт (100.8 т, 105 піддонів)	259,30 грн.	1 089 060,00 грн.
Кольорова суміш кладки FL75, Сірий	337 міш.	375,56 грн.	126 563,72 грн.
Розчин кладочний теплоізоляційний BRAER LM 21 M50, 20кг	420 меш.	474,86 грн.	19 411,20 грн.
Гнучкі зв'язки для кладки	1 173 шт.	13 грн.	15 249,00 грн.

Вартість зведення стін 2-х поверхового будинку з керамзитобетонних блоків складає 1960850,20 грн.

Докладний розрахунок наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Вартість зведення стін 2-х поверхового будинку з керамзитобетонних блоків

Матеріали	Кількість	Ціна за од.	Вартість
Лицьова цегла 250x120x88, Червоний, Гладкий	9 856 шт. (30,6 т, 28 под- донов)	40,46 грн.	398 773,76 грн.
Керамзитобетонний блок 510X250X219	4200 шт (100.8 т, 105 поддонов)	210 грн.	882 00 грн.
Кольорова суміш кладки FL75, Сірий	337 міш.	375,56 грн	126 563,72 грн
Розчин кладочний теплоізоляційний BRAER LM 21 M50, 20кг	420 міш.	474,86 грн	19 411,20 грн
Гнучкі зв'язки для кладки	1 173 шт.	13 грн (Середня ціна по ринку)	15 249,00 грн.
Утеплювач мінераловатний, 50 мм	246.288 м2	658,67 грн.	162 222,52 грн.
Тарілчастий дюбель для утеплювача	1 877 шт.	190 грн.	356 630 грн.

Економія при зведенні стін 2-х поверхового будинку з каменю керамічного великоформатного BRAER 14.3 NF в порівнянні зі зведенням стін з керамзитобетонного блоку становить 331 203,72 руб. чи 33,8%.

Для визначення фактичних витрат було проведено моніторинг ринку, внаслідок чого було виявлено, що вартість однокамерного склопакета зі склом з енергозберігаючим покриттям AGC у порівнянні зі звичайним склопакетом склала 1719 грн. (Таблиця 3.4)

Таблиця 3.4 – Порівняння вартості склопакетів

Тип склопакета	Звичайний склопакет	Мультифункціональний склопакет
Розмір	575 x 1300	575 x1300
Вартість склопакета	2 325 грн.	1 719 грн.

Економія вартості одного вікна з однокамерним склопакетом з енергозберігаючим покриттям AGC (Мультифункціональне скло Energy) у порівнянні зі звичайним склопакетом складає 606,00 грн. чи 35,25 %.

3.2 Динаміка зміни питомої витрати енергії на опалення та вентиляції за опалювальний період після застосування енергоефективних матеріалів

В результаті застосування енергоефективних матеріалів, було виявлено зниження питомої витрати енергії на опалення та вентиляцію.

Згідно статистиці:

— з 2011 року нормована питома витрата енергії на опалення та вентиляцію за опалювальний період була зменшена на 15 % порівняно з базовим рівнем, досягнутим 1 січня 2008 року;

— з 2016 року – на 15 % порівняно з попереднім показником;

— з 2020 року - ще на 10% ».

На думку фахівців, в галузі енергозбереження споруди, що зводяться, є найважливішим джерелом забруднення навколишнього середовища та основним споживачем енергії. Зростання споживання паливних ресурсів, призводить до збільшення показників викидів парникових газів в атмосферу.

64% всіх споживаних енергоресурсів (опалення, водопостачання) у світі припадає на Україну. Даний показник витрати теплової енергії в 3 рази перевищує показники європейських країн.

За статистикою Національного агентства малоповерхового та котеджного будівництва, на обігрів одного квадратного метра житла в Україні витрачається в середньому 13 літрів умовного палива на рік. При цьому в Канаді, державі з аналогічними кліматичними умовами, цей показник дорівнює 3,5-4 літри на рік. Резерв енергозбереження у будівельній сфері та житлово-комунальному господарстві становить не менше 400 мільйонів тонн умовного палива на рік, що відповідає 30-40% всього енергоспоживання.

Застосований комплекс інноваційних енергоефективних матеріалів (камінь керамічний великоформатний BRAER 14.3 NF та вікна з однокамерного склопакета з ультифункціональним скло Energy) дозволяє з високою ефективністю вирішувати завдання економії енергії на підтримку комфортного мікроклімату в приміщеннях у будь-яких кліматичних поясах.

Завдяки застосуванню енергозберігаючих матеріалів при будівництві малоповерхової будівлі, можна зберегти певну кількість енергоресурсів, що призводить до збільшення потенціалу енергозбереження.

Результати розрахунку ефективного використання енергетичних ресурсів представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Результати розрахунку ефективного використання енергетичних ресурсів

Найменування ресурсу	Запас енергозбереження у річному еквіваленті			
	Од. змін.	в натуральному у значенні	у вартісному вираженні, тис.грн	у відсотковому вираженні, %
Електроенергія	тис. кВт-год	29,3	96,4	29,3
Теплова енергія	Гкал	194,2	245,2	72,2

Відповідно до таблиці 3.5, запас енергозбереження у вартісному вираженні становив 341,6 тис.грн. або 101,5%. Розрахунок енергопотенціалу полягає в проведенні обстеження будівництва, і навіть проведенні економічного розрахунку.

Завдяки сучасному підходу до проектування та будівництва будівель та споруд, з'являється можливість зводити будинки з урахуванням існуючого ландшафту, при цьому також зменшується негативний вплив на навколишнє середовище, зі збереженням комфортного середовища для проживання людини.

3.3 Розробки в галузі енергоефективного будівництва

На сьогоднішній день в галузі енергоефективного будівництва було досягнуто певних позитивних результатів.

Завдяки політиці енергоефективності було розроблено:

- вимоги щодо складу та змісту енергетичного паспорта проекту енергоефективного житлового та громадського будинку з методикою визначення класів енергоефективності;
- норми та правила щодо проектування автоматизованих енергоефективних систем опалення багатоквартирних житлових будинків з поквартирним урахуванням витрати тепла;
- Показники енергоефективності, включаючи теплозахист житлових і громадсько-ділових будівель як суттєвої частини критеріїв оцінки «зеленого» будівництва;
- норми та правила щодо розрахунку теплових навантажень на системи опалення, охолодження та вентиляції житлових та суспільно-ділових будівель. Вимоги до автоматизації теплових введів у будинки;
- норми та правила проектування систем утилізації теплоти витяжного повітря для нагрівання води для гарячого водопостачання в

житлових будинках та припливного повітря в суспільно-ділових будівлях.

3.4 Заходи з енергозбереження

Для зменшення споживання енергії були запропоновані два заходи: утеплення приміщень спортивно-оздоровчого комплексу та заміна вікон.

У розділі про утеплення стін запропоновано використання вакуумних панелей. Ця технологія ґрунтується на використанні вакууму всередині ізоляційних матеріалів, що значно знижує їх теплопровідність. Вакуумні ізоляційні панелі мають надзвичайно низьку теплопровідність і можуть зменшити товщину ізоляційного шару у 6-10 разів порівняно з традиційними матеріалами.

Другим заходом є заміна вікон на енергозберігаючі. Ці вікна мають додаткове покриття або наповнення одного з пакетів скла газом (наприклад, аргон), що дозволяє зберігати тепло ефективніше. Вони мають опір теплопередачі більше $0,75 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$.

Енергозберігаючі вікна також можуть мати спеціальне покриття (і-скло), що відбиває інфрачервоне випромінювання, що переносить тепло. Такі вікна забезпечують краще збереження тепла в приміщенні і надійний захист від ультрафіолетового випромінювання.

Загалом, заходи з утеплення та заміни вікон на енергозберігаючі допоможуть значно зменшити витрати енергії на опалення та кондиціонування приміщень.

Протипожежні заходи.

Вимоги щодо пожежної безпеки для будівельних об'єктів стосуються їх розташування, конструкцій, виробів, комунальних мереж та систем протипожежного захисту. Ці вимоги мають захищати людей, які перебувають у будівлях, від пожеж та їх наслідків, враховуючи конкретний ризик пожежі для кожного об'єкта.

Згідно з Технічним регламентом, будівельні вироби мають проектуватися та будуватися таким чином, щоб у разі пожежі зберігалась несуча здатність конструкцій, а поширення вогню та диму були обмеженими. Також важливо, щоб пожежа не поширювалась на сусідні об'єкти і люди мали можливість вийти з будівлі або бути врятованими.

Розвиток пожежі залежить від пожежного навантаження, надходження повітря, теплопровідних властивостей конструкцій та ефективності систем протипожежного захисту. Для підвищення рівня пожежної безпеки застосовуються системи автоматичної пожежної сигналізації та гасіння пожежі, а також протипожежні відсіки та димозахисні системи.

Протипожежні відсіки створюють перешкоду для поширення вогню та диму, а їх конструкції мають витримувати вплив вогню протягом певного часу. Засоби комунікації між відсіками повинні не порушувати їх цілісність.

З метою запобігання пожежі і поширенню вогню використовуються такі заходи, як протипожежні перешкоди, системи гасіння та димовидалення, а також системи централізованого спостереження та оповіщення про пожежу. Такі системи, разом з протипожежним обладнанням, допомагають забезпечити безпеку на будівельних об'єктах.

Перед розпочатком монтажних робіт кожний працівник повинен пройти інструктаж на робочому місці, отримати необхідний спецодяг, засоби індивідуального захисту, інструмент та перевірити їх на комплектність та цілісність.

Засоби індивідуального захисту поділяються на декілька видів залежно від призначення, такі як ізолюючі костюми, засоби для захисту органів дихання, спеціальний одяг та взуття, засоби для захисту рук, очей, обличчя, голови, а також від падіння з висоти та захисту органів слуху.

До монтажних робіт на висоті допускаються лише особи, які не молодші 18 років та пройшли медичне обстеження. Під час робіт на висоті необхідно організувати подачу матеріалів та інструментів за допомогою спеціальних

підйомних пристроїв та виконувати роботи з використанням риштувань та приставних драбин.

Для запобігання падінню з висоти використовуються запобіжні пояси та всі працівники, які займаються роботами на висоті, повинні мати захисні каски. Також необхідно дотримуватися організаційних заходів безпеки, включаючи правила користування знаками безпеки, які повинні відповідати відповідним стандартам.

Оцінка освітлення об'єкта відповідно нормативних вимог.

Під час монтажних робіт важливо забезпечити сприятливі умови освітлення, що відповідають наступним вимогам:

1. Рівень освітленості на робочих поверхнях повинен відповідати встановленим гігієнічним нормам для даного виду робіт.
2. Освітлення має бути рівномірним і стабільним у часі, з відсутністю різниці між освітленістю робочої поверхні та оточуючим простором.
3. Важливо уникати сліпучого блиску в полі зору предмета.
4. Штучне освітлення повинно мати спектр, який найбільше наближається до природного світла.

Враховуючи те, що будівля знаходиться в IV світлокліматичному районі, розряд зорових робіт визначається за найменшим розміром об'єкта розрізнення, який у випадку монтажних робіт може бути поділками на вимірвальній стрічці. Таким чином, прийнято IV розряд зорових робіт.

Нормовані значення освітленості визначені відповідно до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Нормовані значення освітленості

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта бачення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Штучне освітлення			Природне освітлення	Сумісне освітлення
				Освітленість, лк			КПО, %	КПО, %
				комбіноване		Загальне	При боковому	При боковому
				Всього	У т.ч. від заг.			
Середньої точності	0,5-1	iv	б	500	200	200	1,5	0,9

Для забезпечення нормованих значень виробничого освітлення передбачено наступне:

1. Приміщення з робочими місцями повинно мати штучне освітлення, обладнане системою загального рівномірного освітлення.
2. Необхідно уникати прямого і відбитого блиску, замінюючи блискучі поверхні матовими, де це можливо.

У зв'язку з тим, що монтаж систем вентиляції та кондиціонування проводиться в дві зміни, потрібно розрахувати штучне освітлення для роботи в приміщенні в темний період дня. Для цього проводиться розрахунок за методом світлового потоку.

У визначеному приміщенні з розмірами $a=8$ м і $b=10$ м, з нормою освітленості для виконання роботи середньої точності 200 люксів, потрібно розрахувати світловий потік, який повинна випромінювати кожна лампочка за допомогою відповідної формули:

$$F_{\text{л}} = \frac{k \cdot E \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta},$$

де $F_{\text{л}}$ - світловий потік, лм;

k - коефіцієнт запасу;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітленості;

η - коефіцієнт використання світлового потоку;

E - освітленість за нормою, лк;

S - площа підлоги в приміщенні, м²;

n - кількість встановлених ламп.

Коефіцієнт запасу k враховує втрати освітленості через можливе забруднення ламп або світильників під час їх використання.

Таблиця 3.7 - Значення коефіцієнту запасу

Характеристика об'єкта	Коефіцієнт запасу k		Строки чистки світильників (не рідше)
	люмінесцентні лампи	лампи розжарювання	
Приміщення з великим виділенням пилу, диму та копотю	1,9	1,6	4 рази на місяць
Приміщення зі середнім виділенням пилу, диму та копотю	1,7	1,4	3 рази на місяць
Приміщення з малим виділенням пилу, диму та копотю	1,4	1,2	2 рази на місяць
Відкриті простори	1,4	1,2	3 рази на місяць

Коефіцієнт використання світлового потоку η показує, яка частина світлового потоку, що виходить зі світильника, припадає на робоче місце. Він залежить від різних факторів, таких як тип світильника, розміри та форма приміщення, кольори стін та стелі, а також висота підвішування світильника над робочою площиною. Коефіцієнт η враховує поглинання світла арматурою світильників, стелі та стінами.

Для розрахунку коефіцієнта η з таблиці 3.6 необхідно визначити показник приміщення φ . Для прямокутних приміщень його можна визначити за допомогою спеціальної формули:

$$\varphi = \frac{a*b}{H_c(a+b)},$$

де a та b - ширина та довжина приміщення;

H_c - висота підвішування світильника, м.

Таблиця 3.9 - Значення коефіцієнту використання світлового потоку

Тип світи- льника	Коеф. відбиття, %		Значення η при показнику приміщення, який дорівнює								
	стелі	стін	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2	3	4	5
Лампа без відбивача	0,3	0,1	0,1	0,14	0,19	0,22	0,28	0,32	0,38	0,42	0,45
	0,5	0,3	0,13	0,18	0,24	0,28	0,36	0,40	0,46	0,51	0,54
	0,7	0,5	0,21	0,26	0,32	0,37	0,45	0,51	0,59	0,64	0,67

Визначаємо показник приміщення φ за формулою:

$$\varphi = \frac{10 * 8}{3.4(10 + 8)} = 1.307$$

Коефіцієнт нерівномірності освітлення вибираємо з табл. 3.7.

Таблиця 3.10 - Значення коефіцієнта нерівномірності освітленості Z

Тип світильника	Коефіцієнт Z при l						
	2,8	3,0	3,2	3,4	3,5	3,75	4
«Лампа розжарювання»	0,545	0,660	0,785	0,915	0,867	0,734	0,595

Коефіцієнт нерівномірності освітленості Z=0,595.

Розрахунок штучного освітлення необхідно починати з визначення висоти підвісу світильника та їх кількості.

Висоту підвісу знаходять за формулою:

$$H_c = H - (h_p + h_n), \quad (3.11)$$

де H - висота приміщення, м;

h_n - висота від стелі до світильника, м;

h_p - висота від підлоги до освітлювальної поверхні, м.

При симетричному розташуванні світильників їх кількість:

$$n = \frac{S}{l^2}, \quad (3.12)$$

де S - площа приміщення, м²;

l - відстань між світильниками, м.

Висота приміщення 4,2 м. Відстань між лампами 4м.

Знаходимо необхідну кількість ламп за формулою (3.12):

$$n = \frac{8 \cdot 10}{4^2} = 6.$$

Світловий потік однією лампою визначаємо з формули (3.9).

Висота підвішування ламп складає 3,5 м.

$$F_{\text{л}} = \frac{1.3 * 200 * 80 * 0.595}{6 * 0.25} = 2562 \text{ (лм)}.$$

За світловим потоком вибираємо потужність кожної лампи. Вона дорівнює 150 Вт при світловому потоці 2850 лм.

3.5 Висновки з третього розділу

- в результаті порівняння вартості застосовуваних енергоефективних матеріалів зі звичайними матеріалами було встановлено, що економічно вигідно використовувати при будівництві будівель енергоефективні матеріали, зважаючи на відсутність необхідності додаткових матеріальних витрат на влаштування теплоізоляційного шару;

- аналіз динаміки зміни питомої витрати енергії на опалення та вентиляцію за опалювальний період за рахунок застосування енергоефективних матеріалів, показав, що завдяки високим теплопровідним властивостям витрати на опалення були мінімальні.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. У роботі пропонується комплекс заходів щодо підвищення енергоефективності з метою впровадження енергоефективних матеріалів та інноваційних технологій для підвищення енергоефективності малоповерхових будівель.

2. У ході науково-дослідної роботи було розроблено комплексний підхід у галузі підвищення енергоефективності будівель, що будуються, шляхом впровадження енергоефективних та інноваційних матеріалів.

3. У результаті вивчення вітчизняного та зарубіжного досвіду в галузі зведення енергоефективних житлових будівель були виявлені основні напрямки в політиці енергоефективності.

4. Розглянуто основні переваги при зведенні багатофункціональних енергоефективних будівель. Розглянуто основні недоліки при зведенні багатофункціональних енергоефективних будівель.

5. Запропоновано комплекс матеріалів, що дозволяє підвищити показник енергоефективності багатофункціональної будівлі, що будується.

6. У магістерській роботі отримано унікальний науковий результат: Запропоновано комплексний підхід щодо застосування інноваційних матеріалів для будівництва та зведення малоповерхових житлових будівель. Розроблено комплекс заходів щодо вдосконалення системи вентиляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетичні системи та комплекси. Системи виробництва та розподілу енергії: Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи тепlopостачання: навчальний посібник для студентів напрямів підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології", 6.050601 "Теплоенергетика" / В.В.Дубровська, В.І Шкляр. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 112 с.
2. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинні від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016. – [Чинні від 2016–10–08, на заміну ДБН В.2.6–31:2006.] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. –33 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинні від 2014–01–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2013. – 149 с. – (Державні будівельні норми України).
5. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 "Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків".
6. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 "Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель".
7. Проектування висотних житлових і громадських будинків: ДБН В.2.2-24:2009. – [Чинні від 2009–09–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. –105 с. – (Державні будівельні норми України).
8. Енергозбереження будівель і споруд. Ефективність роботи системи опалення: метод. вказівки до викон. лабор. робіт з дисципліни для студ. спец. "Енергетичний менеджмент" / В. І. Дешко, М. М. Шовкалюк, О. М. Галілейська, К. В. Іщенко – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 40с.
9. Опалення , вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинні від 2014–01–01, на заміну СНиП 2.04.05-91] // Мінбуд України. – К.:

Укранхбудінформ, 20016. –147 с. – (Державні будівельні норми України).

10. Тарифи на теплову енергію для населення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kte.kmda.gov.ua/tarufu/>.

11. Тарифи на електричну енергію для населення, що проживає у житлових будинках [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dtek-kem.com.ua/tarifi>

12. Каменев П. Н. Отопление и вентиляция. Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч. I. Отопление Изд 3-е перераб. и доп. [Текст] / Каменев П. Н., Сканава А. Н, Богословский В. Н. – М.: Стройиздат, 1975. – 483 с.

13. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения [Текст] / Кнорринг Г. М, Оболенцев Ю. Б. - Л. : Энергия, 1976. – 384 с.

14. Розен В. П., Соловей О. І., Бржестовский С. В., Чернявский А. В. Енергетичний аудит об'єктів житловокомунального господарства – К.: ПП ВКФ «ДЕЛЬТА ФОКС», 2007, – 224 с.

15. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 31 жовтня 2006 року N 359 "Про затвердження Методики розрахунку кількості теплоти, спожитої на опалення місць загального користування багатоквартирних будинків, та визначення плати за їх опалення", зареєстрований у Міністерстві юстиції України 27 листопада 2006 року за N 1237/13111.

16. Прокопенко В.В. енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник / Прокопенко В.В., Закладний О.М., Кульбачний П.В. – К.: Освіта України, 2009. – 438 с.

17. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з курсу «Споживачі електричної енергії» на тему «Методи розрахунку електричного освітлення» з напрямків підготовки 6.050601 «Теплоенергетика» / О.І.Соловей, А.В.Чернявський, Т.І.Литвин, О.М.Галілейська – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2011. – 56 с.

18. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та

настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT)./ ДСТУ ISO 50001:2014 [Чинні від 2015-01-01] // Мінекономрозвитку України. – К., 2014. – 23с. – (Національний стандарт України).

19. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей [Електронний ресурс] / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ«КПІ», 2016. – 28с. — Режим доступу:

<http://foundry.kpi.ua/uk/news/9-novini/764-metodychni-rekomendaciji-do-vykonnannya-rozdilu-magisterskyh-dysertacij-dlja-studentiv-inzhenernyh-specialnostej.html>

20. Правила улаштування електроустановок. – [Чинні від 2017–07–17] // Мінбуд України. – К.: Наказ Міненерговугілля України. –617 с.

21. Архітектура будівель та споруд. Книга 1. Основи проектування/ Гетун Г.В. Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання друге перероблене та доповнене. – К.: Кондор-Видавництво. – 2012 р. – 380 с.

22. Архітектура будівель та споруд: у 4 ч. «Історія архітектури. Тестовий контроль знань» навчальний посібник Плоский В.О., Гетун Г.В., Віроцький В.Д., Криштоп Б.Г., Зайцев О.М. / – К.: КНУБА, 2012. – 110 с.

23. Архітектура будівель та споруд: у 4 ч. «Основи проектування. Житлові будинки. Тестовий контроль знань» навчальний посібник/ Плоский В.О., Гетун Г.В., Віроцький В.Д., Криштоп Б.Г., Зайцев О.М. – К.: КНУБА, 2011. – 128 с.

24. Багатоповерхові каркасно-монолітні житлові будинки/ Гетун Г.В., Криштоп Б.Г. – К.: КОНДОР, 2005. – 220 с.

25. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ, 2014. 48 с.

26. Методика визначення енергетичної ефективності будівель. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11 липня 2018 року № 169 Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>

27. Опалення, вентиляція та кондиціонування ДБН В.2.5-67:2013 - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2012 р. – 72 с.– (Державні будівельні норми).
28. Джеджула В. В., Єпіфанова І. Ю. Енергозбереження як напрям підвищення безпеки критичних систем житлових будинків. Вісник Хмельницького національного університету. 2022. №2. Т. 1. С. 72-76.
29. Ратушняк Г. С. , Панкевич О. Д., Панкевич В. В. Теплотехнічні особливості світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівель. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2021. № 1, с. 148-156.
30. Находов В.Ф. Застосування методів самоорганізації математичних моделей енергоспоживання для встановлення «стандартів» в системах оперативного контролю енергоефективності / В.Ф. Находов, І.В. Стеценко, Я.С. Бедерак // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – № 5(99). – С. 23-33.
31. МЕА (Міжнародне енергетичне агентство) Режим доступу <https://www.iea.org/>
32. ДСТУ А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель 19. Європейський банк реконструкції та розвитку Режим доступу : <https://www.ebrd.com/home>
33. Державна служба статистики України -Розділ «Постачання та використання енергії» Режим доступу <http://www.ukrstat.gov.ua/>
34. Energy Efficiency Trends and Policies in the Household and Tertiary Sectors 2015
35. João Pedro Costa Luz Baptista Gouveia Mestre em Engenharia do Ambiente Residential Sector Energy Consumption at the Spotlight: From Data to Knowledge April 2015
36. João Pedro Costa Luz Baptista Gouveia Mestre em Engenharia do Ambiente Residential Sector Energy Consumption at the Spotlight: From Data to Knowledge
37. Бахрушин В.Є. Методи аналізу даних: навчальний посібник для

студентів [Текст] / В.Є. Бахрушин. – Запоріжжя: КПУ, 2011. – 268 с.

38. Бешелев С.Д. Экспертные оценки / С. Бешелев, Ф. Гурвич.- М.: Наука, 1973. 246с.

39. Приступа М.М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація [Текст] / М.М. Приступа, М.В. Бохонко. – Рівне: видавець О.Зень, 2011. – 56 с.

40. Comité Européen de Normalisation. Energy Performance of Buildings—Impact of Building Automation, Control, and Building Management; European Technical Standard EN 15232; CEN: Brussels, Belgium, 2012.

41. European Parliament. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings; Directive 2010/31/EU; The European Parliament and the Council of the European Union: Brussels, Belgium, 2010.

42. European Climate Foundation. Roadmap 2050 Project. Available online: <http://www.roadmap2050.eu/> (accessed on 16 November 2015).

43. Costanzo, G.T.; Zhu, G.; Anjos, M.F.; Savard, G. A system architecture for autonomous demand side load management in smart buildings. *IEEE Trans. Smart Grid* 2012, 3, 2157–2165.

44. World Business Council for Sustainable Development. Transforming the Market: Energy Efficiency in the Buildings; World Business Council for Sustainable Development: Brussels, Belgium, 2009.

45. Kailas, A.; Cecchi, V.; Mukherjee, A. A survey of communications and networking technologies for energy management in buildings and home automation. *J. Comput. Netw. Commun.* 2012, 1–12.

46. Darby, S. The Effectiveness of Feedback on a Review for Defra of the Literature on Metering, Billing and Direct Displays. Environmental Change Institute—University of Oxford: Oxford, UK, 2006.

47. Javaid, N.; Khan, I.; Ullah, M.N.; Mahmood, A.; Farooq, M.U. A survey of home energy management systems in future smart grid communications. In *Proceedings of the IEEE 8th International Conference on Broadband, Wireless*

Computing, Communication and Applications, Compiègne, France, 28–30 October 2013

48. Fitzgerald, M. Finding and Fixing a Homes Power Hogs. 2008. Available online: <http://www.nytimes.com/2008/07/27/technology/27proto.html> (accessed on 16 November 2015).

49. Ahmad, A.; Latif, K.; Javaid, N.; Khan, A.; Qasim, U. Density controlled divide-and-rule scheme for energyefficient routing in wireless sensor networks. In Proceedings of the 26th IEEE Canadian Conference onElectrical and Computer Engineering (CCECE2013), Regina, SK, Canada, 5–8 May 2013.

50. Khan, M.Y.; Javaid, N.; Khan, M.A.; Javaid, A.; Khan, Z.A.; Qasim, U. Hybrid DEEC: Towards efficientenergy utilization in wireless sensor networks. World Appl. Sci. J. 2013, 22, 126–132.

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

52. Автоматизована система енергомоніторингу. Режим доступу: <https://asem.com.ua/>

53. Ehrhardt-Martinez, K.; Donnelly, K.A.; Laitne, J. Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities; American Council for an Energy-Efficient Economy: Washington, DC, USA, 2017.

54. Güngör, V.C.; Sahin, D.; Kocak, T.; Ergüt, S.; Buccella, C.; Cecati, C. Smart grid technologies: Communication technologies and standards. IEEE Trans. Ind. Inform. 2011, 7, 529–539.

55. Parikh, P.P.; Kanabar, M.G.; Sidhu, T.S. Opportunities and challenges of wireless communication technologies for smart grid applications. In Proceedings of the IEEE Proceedings on Power and Energy Society General Meeting, Minneapolis, MN, USA, 25–29 July 2018

56. Al-Qutayri, M.; Jeedella, S. Integrated Wireless Technologies for Smart Homes Applications. In Smart Home Systems; INTECH Open Access Publisher: Rijeka, Croatia, 2019; pp. 17–42.

57. LaMarche, J.; Cheney, K.; Roth, K.; Sachs, O.; Pritoni, M. Home Energy Management: Products & Trends. In Proceedings of 17th Biennial ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Pacific Grove, CA, USA, 12–17 August 2012

58. GreenTech Media. Smart Grid HAN Strategy Report 2011: Technologies, Market Forecast, and Leading Players. GreenTech Media, 2011. Available online: <http://www.greentechmedia.com/research/report/smart-grid-han-strategy-2011>. (accessed on 7 October 2014).

59. Robles, J.; Kim, T. Application, systems and methods in smart home technolog: A review. *Int. J. Adv. Sci. Technol.* 2018, 15, 37–48.

60. Oldewurtel F, Parisio A, Jones CN, Gyalistras D, Gwerder M, Stauch V, et al. Use of model predictive control and weather forecasts for energy efficient building climate control. *Energy Build* 2012;45:15–27.