

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: «Вплив енергоефективності у будівництві цивільних будівель»

Виконав: студент 2 курсу, групи: 8.1922– пцб-з

спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво

Пастухова Дар`я Геннадіївна

(прізвище та ініціал)

Керівник професор, д.т.н. Радкевич А.В.

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

Рецензент професор, д.е.н. Анін В. І.

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

Запоріжжя – 2023 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий магістрський рівень
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
« » 20 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Пастухова Дар'я Геннадіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту): Вплив енергоефективності у будівництві цивільних будівель

керівник роботи Радкевич А.В, професор, д.т.н
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від "01" 05 2023 року № 637 – с

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2023 р.

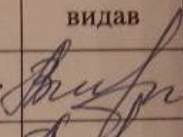
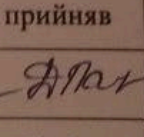
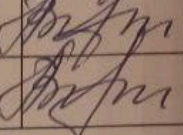
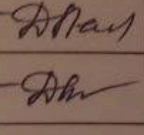
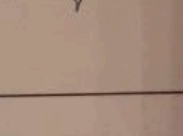
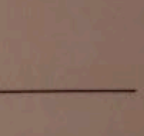
3. Вихідні дані до роботи Вплив енергоефективності у будівництві цивільних будівель

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Конструктивні рішення підвищуючі енергоефективність, якості функціонування та економічності. 2. Комплекс технічних систем, які сприяють реалізації енергозберігаючих технологій в цивільному будівництві. 3. Оптимальні енергозберігаючі заходи для можливого впровадження в практику цивільного будівництва.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) листів

6. Консультанти розділів роботи

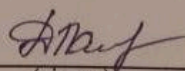
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Радкевич А.В., д.т.н.. проф.		
Розділ 2	Радкевич А.В., д.т.н.. проф.		
Розділ 3	Радкевич А.В., д.т.н.. проф.		

7. Дата видачі завдання _____

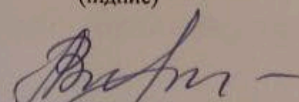
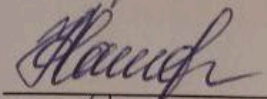
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Конструктивні рішення підвищуючі енергоефективність, якості функціонування та економічності		
2.	Комплекс технічних систем, які сприяють реалізації енергозберігаючих технологій в цивільному будівництві		
3.	Оптимальні енергозберігаючі заходи для можливого впровадження в практику цивільного будівництва		

Студент


(підпис)Пастухова Д. Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту


(підпис)Радкевич А.В.
(прізвище та ініціали)Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер
(підпис)Данкевич Н.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Пастухова Дар'я Геннадіївна. Вплив енергоефективності у будівництві цивільних будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Радкевич А.В. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2023.

Нозглядаються можливості впровадження енергозберігаючих технологій для підвищення енергоефективності будинку із системою центрального опалення. Ефективність використання теплової енергії зростатиме відповідно до величини зниження теплових втрат у навколишнє середовище. При реалізації проекту пропонувані енергозберігаючі заходи з ефективним капітальним ремонтом показник енергоефективності із питомого споживання теплової енергії будинком може досягти значення, близького до базового, а клас ефективності до нормального D та претендувати на підвищення C.

Енергоефективність будівель визначається поєднанням багатьох факторів, основними з яких у країнах СНД є суворі кліматичні умови на значній території країни [1], відносно низька вартість паливно-енергетичних ресурсів та теплозахисні властивості зовнішніх конструкцій, що захищають будівель. Більше 60% від загального обсягу теплової енергії, що споживається під час експлуатації будівель, припадає на опалення та вентиляцію [2].

У країнах Європейського Союзу найбільшими споживачами енергії (більше 40%), і їхня кількість постійно зростає, є житлові будівлі та сфера послуг, незважаючи на те, що більшість цих країн розташовані в помірному та теплому кліматі. У зв'язку з цим актуальною є необхідність обмеження

споживання паливно-енергетичних ресурсів та підвищення енергоефективності будівель.

При реалізації проекту пропонувані енергозберігаючі технології при проведенні енергоефективного капітального ремонту показник енергоефективності будівлі за питомою витратою тепла може досягти значення близького до базового, а клас ефективності до нормального D і претендувати на більш високий C.

Підтвердження вимог енергетичної ефективності будівель забезпечується керуючими організаціями товариств власників житлових та інших спеціалізованих кооперативів, які здійснюють управління будинками з використанням інструментального методу розрахунку (енергетичне обстеження із розробкою енергетичного паспорта будинку).

Ключові слова: енергоефективність, енергозбереження, тепло опалення, цивільне будівництво, технологія.

Список публікацій магістранта:

1. Пастухова Д.Г., Пастухова С.В., Радкевич А.В. Вплив енергоефективності у будівництві цивільних будівель. Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України: зб. тез всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 17-20 жовт. 2023р. Запоріжжя, 2023.

ABSTRACT

Pastuhova D. G. The influence of energy efficiency in the construction of civil buildings.

Qualifying graduation thesis for obtaining the degree of master of higher education in specialty 192 – Construction and civil engineering, academic supervisor A.V. Radkevich, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhzhya National University, 2023.

Possibilities of introducing energy-saving technologies to increase the energy efficiency of a house with a central heating system are considered. The efficiency of the use of heat energy will increase in accordance with the amount of reduction of heat losses to the environment. When implementing the project of the proposed energy-saving measures with an effective overhaul, the energy efficiency index from the specific heat energy consumption of the house can reach a value close to the basic one, and the efficiency class to normal D and claim to increase C.

The energy efficiency of buildings is determined by a combination of many factors, the main of which in the CIS countries are harsh climatic conditions in a large area of the country [1], the relatively low cost of fuel and energy resources, and heat-shielding properties of external structures that protect buildings. More than 60% of the total amount of thermal energy consumed during the operation of buildings is for heating and ventilation [2].

In the countries of the European Union, the largest energy consumers (more than 40%), and their number is constantly increasing, are residential buildings and the service sector, despite the fact that most of these countries are located in a temperate and warm climate. In this regard, there is an urgent need to limit the consumption of fuel and energy resources and increase the energy efficiency of buildings.

When implementing the project of the proposed energy-saving technologies, during an energy-efficient overhaul, the energy efficiency indicator of the building according to the specific heat consumption can reach a value close

to the basic one, and the efficiency class can reach a normal D and claim a higher C.

Confirmation of requirements for the energy efficiency of buildings is provided by the managing organizations of associations of housing owners and other specialized cooperatives that manage buildings using the instrumental method of calculation (energy survey with development of the energy passport of the building).

Key words: energy efficiency, energy saving, heating heat, civil construction, technology.

Список публикаций магистранта:

1. Пастухова Д.Г., Пастухова С.В., Радкевич А.В. Вплив енергоефективності у будівництві цивільних будівель. Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України: зб. тез всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 17-20 жовт. 2023р. Запоріжжя, 2023. С .

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП.....	10
1. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПІДВИЩУЮЧІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ЕКОНОМІЧНОСТІ	12
1.1 Поняття енергоефективність.....	12
1.2 Вплив об'ємно-планувального рішення будівлі на показники енергоефективності.....	14
1.3 Чинники, що впливають на формування об'ємно-планувальних рішень енергоефективних висотних офісних будівель.....	20
1.4 Нормативно-правові аспекти енергозбереження.....	44
1.5 Дослідження іноземного досвіду регулювання організації будівництва.....	46
2 КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ, ЯКІ СПРИЯЮТЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЦИВІЛЬНОМУ БУДІВНИЦТВІ.....	49
2.1 Сучасна енергоефективна будівля.....	49
2.2 Українські реалії.....	52
2.3 Проблеми енергозбереження.....	53
2.4 Технологія майбутнього.....	54
2.5 Енергозберігаючі будинки — відмінності, технології, проекти....	55
3. ОПТИМАЛЬНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ ДЛЯ МОЖЛИВОГО ВПРОВАДЖЕННЯ В ПРАКТИКУ ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА.....	57

3.1 Загальні положення із забезпечення теплоізоляційних показників конструкцій будівель і споруд.....	57
3.2. Проектування огорожувальних конструкцій будинків за теплотехнічними показниками їх елементів.....	58
3.3 Нормування і розрахунок теплозахисних характеристик вікон	
висновки.....	58
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

ВСТУП

Актуальність теми: Важке положення економіки України, в якому опинилася вітчизняна енергетика, в найближчому майбутньому може привести до енергетичної кризи. Криза чекає також і в тепло опаленні. Тому реалізація програм енергозбереження дозволила б істотно зменшити дефіцит енергії та створення сприятливих умов для рішення проблем у топливно-енергетичному комплексі.

Саме тому роботи, які направлені на зниження енерговитрат існуючих будівель та споруд та використання нетрадиційних джерел енергії є актуальними та мають великий науково-технічну та практичну значимість.

Метою роботи є обґрунтування та вибір та основі комплексного дослідження оптимальних об'ємно-планувальних та конструктивних рішень, інженерних мереж для енергоефективних цивільних будівель.

Досягнення поставленої мети сформульовано наступні задачі:

- обґрунтувати об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, які сприяють підвищенню енергоефективності, якості функціонування та економічності;
- провести дослідження комплексу технічних систем, які сприяють реалізації енергозберігаючих технологій в цивільному будівництві;
- систематизувати оптимальні енергозберігаючі заходи для їх можливого впровадження в практику цивільного будівництва.

Об'єкт дослідження є енергоспоживання цивільних будівель в процесі експлуатації.

Предметом дослідження є об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, а також технічні рішення інженерних мереж які сприяють зниженню енерговитрат в період експлуатації.

Практична цінність роботи полягає в обґрунтуванні та виборі оптимальних енергозберігаючих заходів та технічних рішень для цивільних будівель.

Наукова новизна у вивченні впливу енергоефективності у будівництві цивільних будівель може виявитися в розробці нових технологій та матеріалів, методів оптимізації, аналізі економічного та соціального впливу, а також у врахуванні легіслятивних та нормативних аспектів для підвищення енергоефективності у будівництві.

Апробація результатів магістерської роботи.

1. Пастухова Д.Г., Пастухова С.В., Радкевич А.В. Вплив енергоефективності у будівництві цивільних будівель. Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України: зб. тез всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 17-20 жовт. 2023р. Запоріжжя, 2023. С .

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, виводів, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає ____ сторінок тексту, у тому числі ____ рисунків, ____ таблиць. Список використаних джерел містить ____ найменувань

1 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПІДВИЩУЮЧІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ЕКОНОМІЧНОСТІ

1.1 Поняття енергоефективність

На сьогодні проблема підвищення ефективності функціонування енергетичної структури нашої держави вимагає комплексної модернізації всіх її складових. Підвищення енергетичної ефективності енергетичної інфраструктури може здійснюватися як за окремими технологіями (технологічна модернізація), пооб'єктно (об'єктна модернізація), так і системи в цілому (системна модернізація). Пошук оптимальної конфігурації можливостей за існуючих економічних, екологічних та соціальних обмежень в енергетичній політиці є складною проблемою і викликом для сучасної цивілізації, що виходить далеко за межі навіть глобальної енергетичної кризи 70-х рр. ХХ ст. Відповідь промислово розвинутих країн була сфокусована на активізації політики енергоефективності та енергозбереження [16].

Закон України «Про енергозбереження» (№74/94-ВР від 01.07.94):

Енергозбереження – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів у національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів.

Енергоефективні продукція, технологія, обладнання – продукція або метод, засіб її виробництва, що забезпечують раціональне використання ПЕР порівняно з іншими варіантами використання або виробництва продукції однакового споживчого рівня або з аналогічними техніко-економічними показниками.

Енергоефективність – характеристика обладнання, технології, виробництва або системи загалом, що показує ступінь використання енергії на одиницю кінцевого продукту.

Енергетична ефективність не може бути виражена єдиним показником, тому існує 11 багатьох підходів до її визначення або тлумачення її як поняття:

- енергоефективність – необхідний рівень витрат енергетичних ресурсів для досягнення певного рівня благополуччя (наприклад, економічного, соціального, стандартів життя людини, стану навколишнього природного середовища і т.ін.);

- енергоефективність – показник, обернений енергоємності;

- енергоефективність – комплексний набір показників, визначення яких залежить від системи, для якої він визначається, а найголовнішим при цьому є спостереження за динамікою цих показників і забезпечення їх постійного покращення за рахунок усіх економічно обґрунтованих доступних заходів (вдосконалення сучасних технологій, а також, що дуже важливо, заміни існуючих технологій використання паливно-енергетичні ресурси на принципово нові).

Енергоефективність – зниження споживання енергії без зниження використання енергії виробництвом і устаткуванням, тобто мається на увазі раціональне використання енергоресурсів і альтернативних джерел енергії та зменшення загальної потреби в енергоресурсах за окремими напрямками.

Показник енергоефективності – абсолютна або питома величина витрат ПЕР, встановлена технічними регламентами, національними стандартами, паспортом обладнання [7, 12, 16, 18, 20]

Найчастіше у якості індикатора енергетичної ефективності країни використовується енергоємність, бо цей показник досить легко розраховується і дає можливість порівнювати країни між собою. Крім енергетичної ефективності на енергоємність ВВП впливатимуть також інші чинники: структура економіки (частка енергоємних галузей промисловості);

географічні розміри країни (зростання енергетичних витрат на транспорт); погодні та кліматичні умови (зростання попиту на енергоресурси для обігріву та охолодження).

У XXI ст. вирішити проблему підвищення ефективного використання енергетичних ресурсів можливо виключно шляхом запровадження новітніх енергоефективних технологій та обладнання, які відповідали б потребам та вимогам сьогодення. Саме тому перед українською владою стоїть завдання забезпечити переведення економіки країни на якісно новий технічний та технологічний рівень розвитку. Результатом розв'язання зазначеної проблеми повинно стати, зокрема, значне підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів. На сьогодні наші зусилля мають бути спрямовані на недопущення технічного та технологічного відставання України від розвинених держав світу.

Ситуація з енергоефективністю в кожній країні різна, однак в багатьох країнах є схожі рушійні сили енергоефективності та подібні бар'єри для її досягнення. [12, 13]:

1.2 Вплив об'ємно-планувального рішення будівлі на показники енергоефективності

Виникнення нових функціональних вимог у архітектурі нескінченно пов'язані з розвитком людського суспільства. Якщо раніше житло людини виконувало функцію безпосереднього захисту її від хижаків, несприятливих природних чинників, то з часом ці функції ускладнювалися, почали розглядати питання ергономічного характеру, естетичного сприйняття, екологічні аспекти. Також помітна особлива роль деяких процесів у функції сучасного житла, наприклад, процеси, пов'язані з вихованням та навчанням дітей, наданням спеціалізованої медичної допомоги, приготуванням їжі тощо.

Об'єктивні, а також суб'єктивні умови, що багато в чому визначають формоутворення будівлі, можуть включати типологічні вимоги до будівлі; рівень та можливості будівельної техніки; використовуються конструкції та будівельні матеріали; економічні міркування; соціальну структуру суспільства; різні форми суспільної свідомості, включаючи естетичні норми; біологію, фізіологію, психологію, а також закономірності зорового сприйняття будівлі; клімат; фактор часу тощо. буд. [1-5].

Порівняння цих чинників викликає труднощі, оскільки вони мають різні форми свого висловлювання. Проводячи аналіз процесу формоутворення будівлі і намагаючись дати будь-які характеристики його стадіям, не можна однозначно стверджувати, що фактор зорового сприйняття превалює над фактором впливу будівельних матеріалів, що використовуються. Процес формоутворення будівель та споруд пов'язаний з творчим пошуком та з процесом сприйняття, а в цьому, безумовно, простежується зв'язок із суб'єктивними факторами.

Не можна ставити всі фактори формоутворення в єдиний ряд, не можна однаково оцінювати вплив кожного з них на кінцевий результат. Вони важливі кожен сам собою і разом узяті. Відмінність їх обумовлена належністю до тих чи інших вищих чи нижчих категорій [6-9]. Тому аналіз окремих етапів повинен мати на увазі їх безпосередній зв'язок один з одним та вплив одного на інший.

Вивчаючи формоутворення будівель та споруд, необхідно пам'ятати про специфічний вплив форми на сприйняття її людиною. У різних дослідженнях формотворчих процесів сприйняття форми завжди буде тією відправною точкою, без якої неможливо зрозуміти і розкрити загальні закономірності формоутворення.

Сприйняття архітектурних форм - це процес зорового сприйняття, як це подається іноді. Це один із складових процесу, в якому людина завжди є безпосереднім учасником.

Як раніше було доведено, за інших рівних умов найменші втрати та надходження теплоти через зовнішні огороження притаманні будинкам з круглим і квадратним планувальним рішенням, у формі циліндра, сфери, куба. Такі будівлі при одній і тій же корисній житловій площі мають меншу поверхню зовнішніх стін, ніж будівлі у формі паралелепіпеда з прямокутним планувальним рішенням [10-12].

У середині ХХ століття почали використовувати метод проектування будівель із «умовно мінімальними тепловтратами». Відповідно до цього методу висота будівлі, m визначається формулою 1.1 [1]:

$$H = 0,64 \times \sqrt{V_3 / k_{\text{нв}}}; \quad (1.1)$$

– розмір сторони основи, m , формулою 1.2:

$$a = 1,26 \times \sqrt[3]{V_1 / k_{\text{нв}}}; \quad (1.2)$$

V_3 – зовнішній об'єм будівлі, m^3 ;

$k_{\text{нв}}$ – наведений коефіцієнт теплопередачі, $Вт/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$, горизонтальних зовнішніх огорож;

$$k_{\text{нв}} = (a \times k_{\text{пл}} + b \times k_{\text{ш}}) / k_{\text{є}};$$

a , b – поправочні множники на розрахункову різницю температур відповідно для верхнього перекриття та підлоги;

$k_{\text{є}}$ – наведений коефіцієнт теплопередачі вертикальних огорож:

$$k_{\text{є}} = k_{\text{стін}} + p_{\text{скління}} (k_{\text{вікон}} - k_{\text{стін}});$$

$k_{\text{стін}}$, $k_{\text{вікон}}$, $k_{\text{підлоги}}$, $k_{\text{стелі}}$ – коефіцієнт теплопередачі відповідно стін, вікон, підлоги та стелі;

$p_{\text{скління}}$ – коефіцієнт скління.

Зменшення втрат та надходжень теплоти через зовнішні стіни квадратних та круглих у плані форми будівель порівняно з прямокутними у

першому наближенні можна оцінити, користуючись графіком зміни відносних периметрів, рис.1.

$$1 - P = P_{\text{кв}}/P;$$

$$2 - P = P_{\text{кр}}/P$$

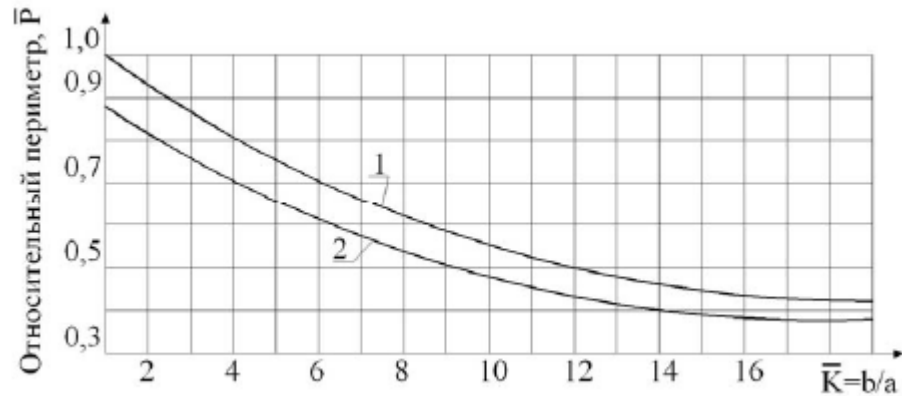


Рисунок 1.1 – Графік зміни відносних периметрів

Прямокутній у плані будівлі, сторони якої відносяться одна до одної як 10:1, відповідають рівні за площею квадрата та кругла будівлі, периметри яких менші на 43 і 50%.

Відносна величина периметрів квадрата і кола, рівновеликих за площею ($S = \text{const}$) прямокутника.

На думку ряду фахівців, у найближчі роки все більше виявлятиметься тенденція до проектування та будівництва громадських будівель пірамідальної, циліндричної, сферичної та краплеподібної форм, що дозволяють отримувати економію будівельних матеріалів на огороження та зменшувати витрати теплоти та холоду на системи кондиціонування, вентиляції та опалення [13 -15].

У промисловому будівництві з технологічних міркувань широко застосовується блокування виробництв у великомасштабних будинках.

Багато енергоефективних рішень закладаються ще на етапі проектування та будівництва будівлі. Одні з них є матеріально витратними:

вибір товщини та матеріалу стін, наявність утеплення стін та даху, кількість та якість монтажу вікон, тип склопакетів тощо.

Але є й інші так звані конструктивні рішення, які умовно не вимагають матеріального вкладення.

Одне з таких рішень – площа зовнішніх стін, через які проходить тепло. Чим більша площа стін - тим вищі теплові втрати будівлі. Проаналізуємо, як звичайна зміна форми будівлі дозволяє скоротити потенційні втрати, при цьому не зменшуючи житлову площу будівлі.

Для порівняльного аналізу розглянемо три варіанти форми: звичайна прямокутна (квадратична) форма, «Г»-подібна та кругла форма одноповерхової житлової будівлі площею 180 м^2 та висотою стель 3 м . Матеріал стін не має значення, але для подальших розрахунків припустимо, що це газобетонні блоки завтовшки 40 см без утеплення (рис.2).

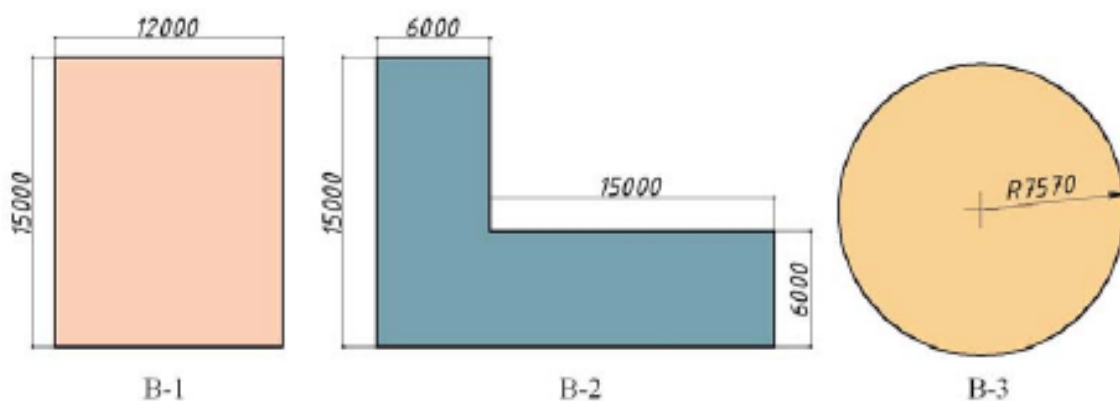


Рисунок 1.2 – Варіанти форми будівлі у плані

Загальна житлова площа завжди однакова – по 180 м^2 , проте площа зовнішніх стін – різна. У першому варіанті це 162 м^2 , у другому – 216 м^2 , у третьому варіанті - $142,6 \text{ м}^2$.

Здійснивши підрахунки, було визначено скільки разів обходяться теплові втрати будівлі через стіни і скільки знадобиться кубометрів газу, щоб їх компенсувати.(Табл. 1.1).

При зовнішній температурі повітря 0°C і внутрішній $+22^\circ\text{C}$, і тривалості опалювального періоду – 150 діб, швидкості вітру – 3 м/с ціні газу

– 6,98 грн./м, тепловтрати на 1м стіни становитимуть 7,85 Вт/год. (Таблиця 1).

Таблиця 1.1 - Підрахунки теплові втрати будівлі через стіни

Характеристики	В-1	В-2	В-3
Площа зовнішніх стін, м ²	162	216	142,6
Добові тепловтрати, кВт	24,53	32,71	11,2
Річні тепловтрати, кВт	3680	4906	3240
Витрата газу, м ³ /рік	528,7	704,9	465,4
Річні витрати, грн.	3690	4 920	3248
Переплата за опалення, грн./рік	442	1672	–

Як свідчать результати порівняльного аналізу, з допомогою зміни форми будівлі його потенційні тепловтрати вдається знизити на 1666 кВт-ч/рік, що з тарифі на газ 6,98 грн./м³ становитиме 1672 грн./рік. З одного боку, це небагато, але з іншого – не потребує жодних додаткових витрат.

Чим краще теплоізоляційні якості матеріалу стіни, тим більшою буде економія. Для стіни з ракушняка вона складе – 3169 грн./ рік, пустотілої цеглини – 4036 грн./ рік, пінобетону – 2885 грн./ рік.

У розрахунках використана середня вулична температура 0° С, але що холодніше надворі, то більше втрат. Наприклад вище, при вуличній температурі –10 ° С (замість 0 ° С) переплата за опалення буде вже на 50% вище –1789 грн./ рік.

Кожен кут у будівлі – це місток холоду. У будівлі квадратної форми чотири кути, у будівлі «Г»-подібної форми – шість, у будівлі круглої форми кутів немає. Якщо ж планувальне рішення будівлі вирішено в ще складнішій формі, то й кутів, відповідно, буде більше, що призводить до ще більших додаткових тепловтрат і витрати традиційного палива для опалення будівлі.

Розрахунки зроблено для опалення будівлі газом. При використанні альтернативних джерел тепла витрати на опалення будуть іншими.

Вибір форми будівлі – одне з найважливіших конструктивних рішень для будівництва енергоефективних будівель. Коло будівлі у плані є оптимальною фігурою для збереження тепла будівлі. Кругле об'ємно-просторове композиційне вирішення будівель, вирізняючись своєю рівністю в архітектурному формоутворенні, має широке застосування на всіх територіях і особливо в районах з холодним кліматом.

1.3 Чинники, що впливають на формування об'ємно-планувальних рішень енергоефективних висотних офісних будівель

Проектування енергоефективних будівель на сьогоднішній день є одним із пріоритетних завдань, актуальність якого не викликає сумніву. У першу чергу це пов'язано з споживанням енергії, що постійно зростає, будинками, а так само зі зростанням цін на енергоносії. Необхідність забезпечення енергоефективності будівель сприяє збільшенню кількості наукових розробок, які у цьому напрямі. Проте, значна частина їх присвячена інженерної складової питання.

Відбувається формування нормативно-правової бази, що регулює витрати енергії під час зведення та експлуатації будівель. Зокрема, в Європейському союзі діє Директива Європейського парламенту та Ради 2010/31/ЕС від 19 травня 2010 року про енергозбереження будівель, яка, згідно зі статтею 1 п.1., «...сприяє підвищенню енергетичних характеристик будівель на території Європейського Союзу, приймаючи в увагу особливості кліматичних зон, місцевих умов, а також мікрокліматичні вимоги для внутрішніх приміщень та економічну ефективність.» [6].

В Україні в рамках подібних ініціатив діють ДБН В.1.2-11-2008. «Основні вимоги до будівель та споруд. Економія енергії», згідно з якими «будівельний об'єкт має бути спроектований та побудований так, щоб

протягом економічно обґрунтованого періоду нормальної експлуатації, при виконанні встановлених вимог до внутрішнього мікроклімату приміщень та інших умов проживання та (або) діяльності людей, забезпечувалося ефективно та економне витрачання енергетичних ресурсів», ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 «Посібник з розробки та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції», згідно з яким «енергетичний паспорт має бути включений як окремий документ до складу розділу проектної документації щодо реалізації вимог з енергозбереження та оцінки енергетичної ефективності будівлі» [7,8].

Разом з тим, вирішення завдання забезпечення енергоефективності стає особливо актуальним при проектуванні висотних офісних будівель, оскільки висотні офісні будівлі, будучи невід'ємною частиною більшості великих міст світу, є одними з найбільших споживачів енергії серед об'єктів цивільного будівництва. Крім того, висотні офісні будівлі мають значний архітектурно-мистецький вплив на міське середовище, що зобов'язує архітекторів враховувати цей факт при використанні у проекті тих чи інших архітектурних засобів, що сприяють забезпеченню енергоефективності.

Для більш глибокого розуміння архітектурних можливостей, які постають перед архітекторами, а також чіткого розуміння завдань, які необхідно вирішити, виникає необхідність виявлення факторів, що впливають на формування енергоефективних висотних офісних будівель. Аналіз існуючих енергоефективних висотних офісних будівель дозволив визначити чинники, що впливають на формування даного типу будинків. Виявлено дві основні групи факторів – зовнішні та внутрішні. До групи зовнішніх факторів належать: містобудівний, природно-кліматичний, екологічний, соціально-економічний.

Основними складовими містобудівного фактора є вплив транспортного навантаження, інженерних мереж, територіальне розміщення ділянки передбачуваного будівництва в структурі міста. При виборі ділянки розміщення доцільно передбачити вплив появи будівлі на територію, що

склалася, і забезпечити можливості для руху, паркування, розвороту транспорту, оскільки розміщення великого об'єкта на ділянці міської території з інтенсивним рухом може призвести до транспортного колапсу.

Також необхідно враховувати, що висотні будівлі надають значні навантаження на мережі інженерного забезпечення. У зв'язку з цим необхідно застосовувати в проектному рішенні прийоми, що зменшують це навантаження (наприклад, організовувати енергозабезпечення за допомогою альтернативних джерел енергії), що сприяє підвищенню енергоефективності будівлі. Якщо вибір ділянки для будівництва не залежить від проектувальника, необхідно, щоб проект будівлі максимально узгоджувався з особливостями даної.

Так розміщення в центрі міста, на периферії або в приміській зоні має на увазі різні підходи до формування об'ємно-планувальної структури енергоефективних висотних офісних будівель, а також до вибору засобів забезпечення енергоефективності. Наприклад, місце розташування ділянки у щільній висотній забудові, характерній для ділового району м. Сідней, де знаходиться офісна будівля 1 Bligh Street, дозволяє розміщувати будинки компактної форми.

Такі компоненти забезпечення енергоефективності, як генератори енергії, в такому випадку можна розміщувати на покрівлі (Рис. 1 (а, б)). У разі проектування в умовах вільних територій, форма будівлі може змінюватись, у архітектора з'являються розширені можливості включення до структури об'єкта додаткових елементів генерації енергії та моделювання геометрії будівлі, що сприяє підвищенню ККД інженерних систем.



Рисунок 1.3 – Будівля 1 Bligh Street, Сідней, Новий Південний Уельс, Австралія, арх. Ingenhoven Architects:

а) загальний вигляд;



Рисунок 1.3.1 – Будівля 1 Bligh Street, Сідней, Новий Південний Уельс, Австралія, арх. Ingenhoven Architects:

б) вид зверху у структурі навколишньої забудови

Загалом зростання міст та ущільнення забудови зобов'язують раціонально використовувати ділянки міської території. Збільшення кількості транспорту, подовження протяжності маршрутів, брак паркувальних місць вимагають від архітекторів переосмислення принципів розміщення висотних

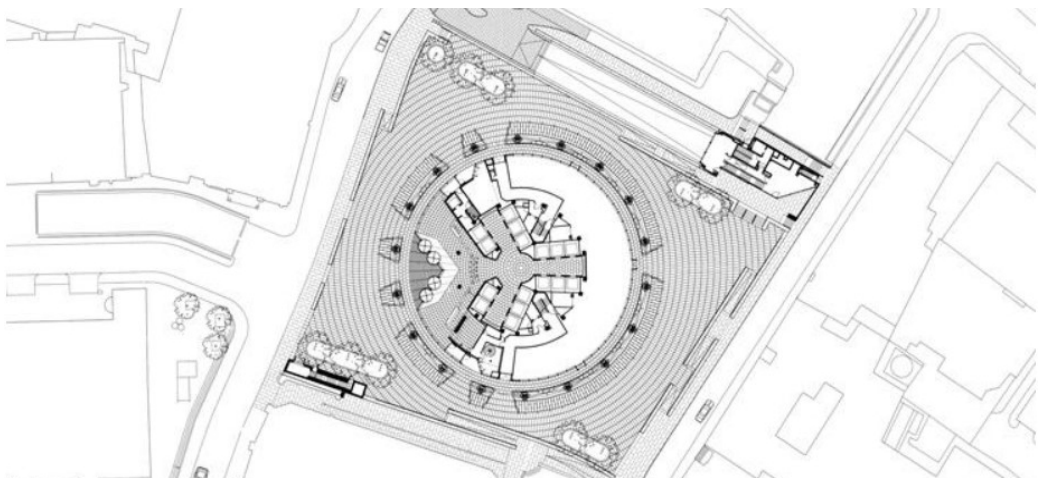
будівель у міському середовищі та формування об'ємно-планувальних рішень з урахуванням оптимізації руху транспорту та людей, які відвідують будівлю.

З метою вирішення одного з вищеописаних завдань, форма будівлі 30 St Mary Axe в Лондоні, арх. Foster and Partners, запроєктована так, щоб зменшити площу забудови та відповідно збільшити громадську зону біля будівлі (Рис. 2 (a,b,d)).



Рисунок 1.4 – Будівля 30 St Mary Axe, Лондон, арх. Foster and Partners:

а) загальний вигляд у структурі навколишньої забудови



б) загальний вигляд плану у структурі навколишньої забудови

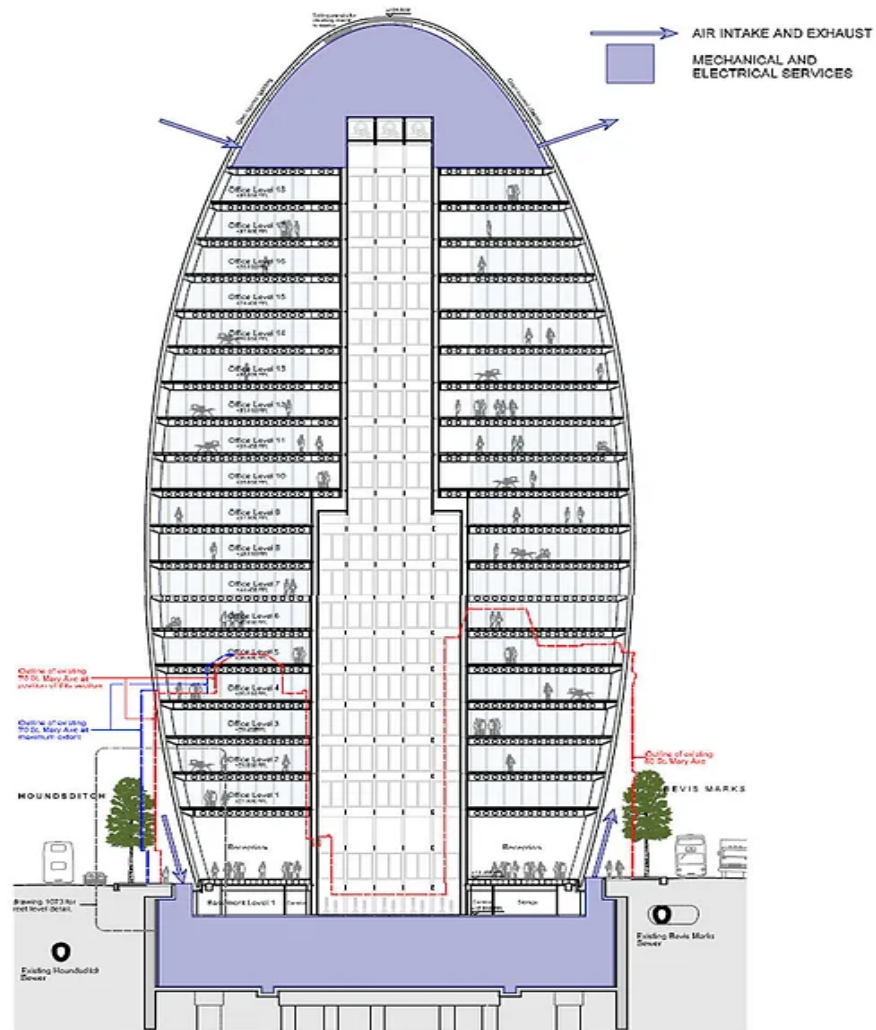


Рисунок 1.4.1 – Будівля 30 St Mary Axe, Лондон, арх. Foster and Partners:

d) фрагмент розрізу будівлі з профілями прилеглих вулиць

Зменшення кількості зелених насаджень та нестача громадських просторів у великих містах сприяють включенню зимових садів, атриумів та інших громадських зон до об'ємно-планувальної структури енергоефективних висотних офісних будівель. Як наслідок, низка висотних офісних будівель використовує у своїй структурі зелені громадські зони, які, окрім функції очищення повітря та забезпечення природної вентиляції, розвантажують міське середовище та використовуються для зустрічей, спілкування, відпочинку співробітників та відвідувачів.

Таким чином, можна говорити про те, що місце розміщення у міському середовищі має значний вплив на формування об'ємно-просторової композиції будівлі та, як наслідок, на вибір засобів забезпечення енергоефективності, які передбачається використати у проекті.

Природно-кліматичний фактор також має значний вплив на формування об'ємно-планувального рішення енергоефективних висотних офісних будівель. Найбільший вплив природно-кліматичного фактору формують такі параметри навколишнього середовища, як інсоляційний режим території (кількість сонячних днів), вітровий режим, кількість опадів, а також температурно-вологий режим. Залежно від вищеописаних параметрів навколишнього середовища архітектору необхідно проектним рішенням забезпечити оптимальні умови експлуатації будівлі.

При цьому необхідно створити можливості для ефективного використання енергії в умовах певного клімату, що є досить цікавим завданням з архітектурно-художньої точки зору, оскільки природно-кліматичні умови впливають безпосередньо на форму будівлі, кількість, розміщення та розмір світлових отворів, а також на вибір та формування інших архітектурних елементів. Так, наприклад, у спекотному сонячному кліматі виникає необхідність забезпечення охолодження повітря та сонцезахисту, що позначається на проектному рішенні за рахунок включення до об'ємно-планувальної структури сонцезахисних пристроїв (рис. 1.5 а).

При розміщенні будівлі в помірному теплому кліматі, для зменшення перегріву стін можна застосовувати вертикальне озеленення, що також перешкоджає перегріву навколишньої території, властивому великим містам із щільною висотною забудовою (рис. 1.6 б). У холодному кліматі велике значення доводиться приділяти зменшенню тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції та мінімізації витрат на обігрів приміщень, що так само може бути скориговано за рахунок об'ємно-планувального рішення (рис. 1.7 с).

Крім того, природно-кліматичний фактор зумовлює вибір систем генерації енергії, їхнє місце розміщення у структурі будівлі. Так, наприклад, вітряний клімат дає можливість включати обсяг будівлі вітрогенератори, облік троянди вітрів території дозволяє визначити їх оптимальне місце розташування в об'ємно-планувальній структурі з точки зору збільшення ККД. В умовах спекотного клімату з великою кількістю сонячних днів доцільно використання сонячних батарей. Досить часто, актуальною є комбінація кількох систем генерації енергії та їхнє оптимальне розміщення. При великій кількості опадів на території доцільно застосування систем збирання дощової води, що дозволяє зменшити енерговитрати на водопостачання. Зважаючи на вищеписане, можна констатувати значний вплив природно-кліматичного чинника на формування об'ємно-планувальної структури, а також на архітектурно-художній образ енергоефективних висотних офісних будівель.

Атріум забезпечує природну вентиляцію та підвищує теплоізоляційні властивості фасаду. Вплив екологічного чинника тісно пов'язаний із природно-кліматичним, проте має свою явну специфіку. Якщо при розгляді природно-кліматичного фактора перед архітектором стоїть завдання врахувати особливості клімату, то екологічний фактор вимагає врахування навантаження, яке будівля надає екологічний баланс території, що склався.

Це включає такі основні складові: зниження викидів парникових газів, взаємозв'язок природного та штучного середовища, антропогенний вплив на навколишнє



Рисунок 1.5 – а) Al Hamra Firdous Tower, Кувейт, арх. SOM
(проникненню тепла до будівлі з південного боку перешкоджає бетонна стіна)



Рисунок 1.5.1 – б) загальний вигляд плану у структурі навколишньої
забудови



Рисунок 1.6 – б) Portland Federal Building, Портленд, штат Орегон, США (арх. SERA Architects. Вертикальне озеленення фасаду - "природна" сонцезахисна конструкція)

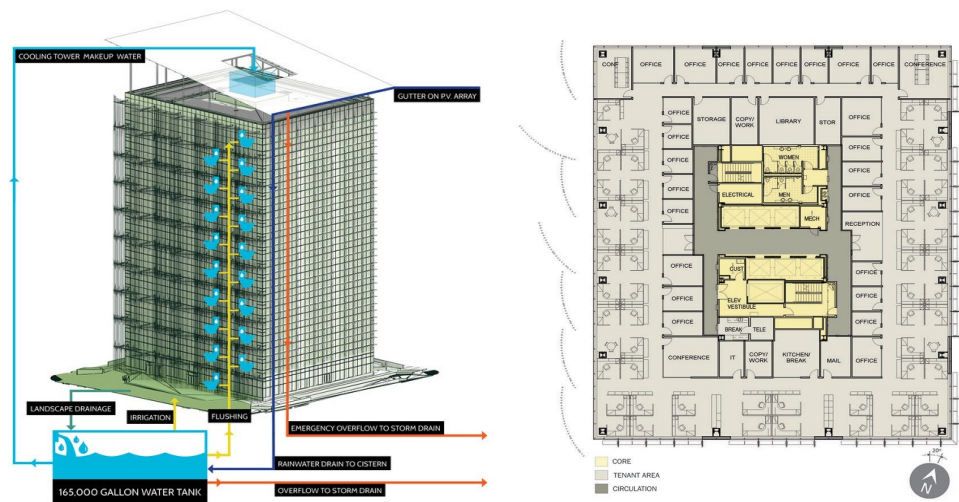


Рисунок 1.6.1 – б) Portland Federal Building, Портленд, штат Орегон, США схематичний розріз та загальний вигляд плану у структурі навколишньої забудови



Рисунок 1.7 – с) Manitoba Hydro Place, Вінніпег, Манітоба, Канада
(арх. Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects, Smith Carter Architects)

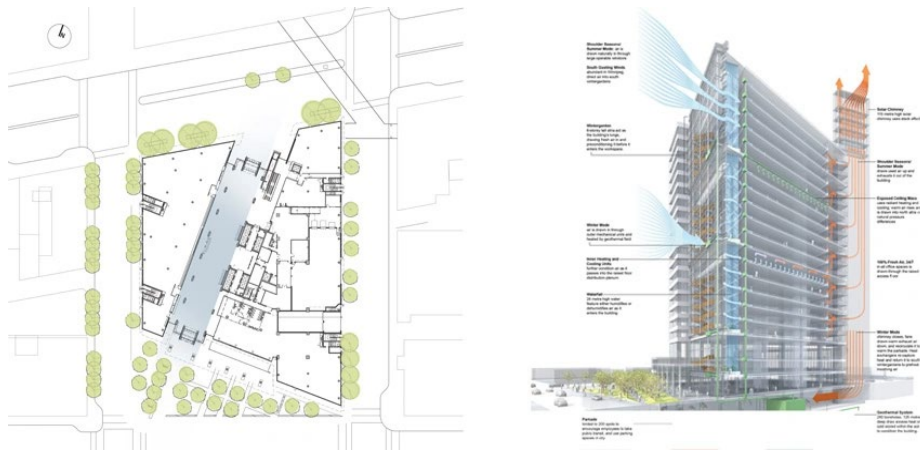


Рисунок 1.7.1 – с) Manitoba Hydro Place, Вінніпег, Манітоба, Канада
загальний вигляд плану у структурі навколишньої забудови та схематичний
розріз будинку

Звідси випливає, що облік екологічного чинника передбачає розробку архітекторами проектного рішення енергоефективної висотної офісної будівлі, яка мінімізує негативний вплив на всі перелічені складові. Облік екологічного фактора при проектуванні енергоефективних висотних офісних будівель є досить складним завданням, оскільки забезпечення енергоефективності безпосередньо не пов'язане з вирішенням екологічних проблем, що виникають при будівництві таких об'єктів, можна вважати оптимізацію енергетичного балансу будівлі.

Більше того, в деяких випадках включення енергоефективних заходів здатне негативно впливати на екологію навколишнього середовища. Так використання деяких видів вітрогенераторів може травмувати птахів, створювати вібрації інфразвуку – шумове забруднення території. Виробництво напівпровідникового кремнію, що використовується для роботи сонячних батарей, наприклад, методом водневого відновлення з трихлорсилану (що є найбільш поширеним способом промислового виробництва), також має ряд недоліків.

До таких недоліків відносяться: застосування шкідливих, корозійних і пожежонебезпечних речовин у процесах синтезу трихлорсилану і отримання полікремнію, значна кількість твердих і газоподібних відходів, що призводить до екологічної перенапруженості виробництва, а також інші недоліки [12. з 30]. Це робить сонячні батареї, вироблені таким чи подібним способом, небезпечними для екології. Позитивним моментом, з екологічної точки зору, є мінімізація викидів парникових газів будівлею при зменшенні його енергоспоживання та збалансованості теплообміну конструкцій, що захищають.

Щоб врахувати екологічний чинник, необхідно закладати в проектне рішення екологічні матеріали, технології, враховувати особливості природного середовища (ландшафту, флори, фауни). Неприпустимим є руйнування проживання рідкісних видів тварин, птахів та рослин, вирубування зелених насаджень без заміщення. Тобто, проектувальники зобов'язані вживати всіх можливих заходів щодо забезпечення збереження природного середовища.

Узагальнюючи, слід зазначити, що з забезпеченні енергоефективності висотних офісних будівель мають бути враховані екологічні навантаження, які здатне надати будинок, а забезпечення енергоефективності має суперечити завданням екологічного підходу до проектування таких об'єктів. Таким чином, необхідність враховувати екологічний фактор обмежує

можливості вибору засобів забезпечення енергоефективності та потребує диференційованого підходу до вибору цих коштів.

Вплив соціально-економічного чинника головним чином полягає у зацікавленості держави та інвесторів в інтеграції енергоефективних технологій в архітектуру та будівництво, що виражається в наявності нормативно-правового забезпечення проектування будівель такого типу, а також підвищення рівня науково-технічного розвитку суспільства. Наявність державних програм, що датують енергоефективне будівництво, збільшує кількість зацікавлених інвесторів, що сприяє економічній доцільності застосування енергоефективних технологій у проектуванні висотних офісних будівель.

Впровадження систем сертифікації будівель за критерієм енергоефективності, таких як американська система Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) – рейтингова система для енергоефективних та екологічно чистих будівель та британська система Building Research Establishment (BRE) Environmental Assessment Method (BREEAM) екологічної оцінки будівель у поєднанні з поінформованістю суспільства націлюють інвесторів на замовлення проектів, що відповідають цим або подібним стандартам.

Разом з тим світовий досвід свідчить про те, що за державної підтримки подібних ініціатив енергоефективні технології та засоби, включені в об'ємно-планувальні рішення висотних офісних будівель, такі як генератори енергії та пасивні засоби енергозбереження, набувають рекламного характеру, використовуючи тим самим інформаційний потенціал архітектури у просуванні ідей енергоефективного будівництва. Таким чином, можна говорити про те, що соціально-економічний фактор обумовлює взагалі саму можливість появи та розвитку енергоефективного проектування висотні офісні будівлі.

До групи внутрішніх факторів належать: архітектурно-художній, функціонально-планувальний, конструктивний, інженерно-технічний (табл. 2).

У зв'язку зі специфікою енергоефективних висотних офісних будівель одним із найважливіших факторів, що впливають на формування таких об'єктів, можна вважати інженерно-технічний фактор. Вплив інженерно-технічного чинника ґрунтується головним чином на необхідності розміщення у структурі будівлі різних інженерних систем, що змушує закладати в проект додаткові групи приміщень для розміщення інженерно-технічного обладнання, аналізувати взаємозв'язки цих приміщень із приміщеннями, притаманними висотним офісним будинкам традиційно. Про вплив інженерно-технічного рішення на формування висотних будівель пише В. Шуллер: «Системи енергопостачання можуть бути сконцентровані у спеціальних шахтах, органічно пов'язаних із стволами жорсткості. Іноді системи інженерного устаткування передбачаються спеціальні простору біля зовнішніх стін чи технічні поверхи розміщувати складних систем комунікацій. Всі ці рішення істотно впливають на загальний зовнішній вигляд будівлі та вибір економічної конструктивно-планувальної схеми» [13, с.65].

Особливу важливість має енергозабезпечення висотних будівель. До енергопостачання висотних будівель пред'являються вищі вимоги, ніж енергопостачання звичайних будинків. Насамперед, це стосується надійності енергопостачання. Забезпечення теплової та електричної енергії має передбачатися не менше ніж від двох незалежних один від одного енергоджерел [4, с.47]. Таким чином, можна зробити висновок про те, що використання альтернативних джерел забезпечення енергією при експлуатації енергоефективних висотних офісних будівель є доцільним, як додаткового джерела при традиційному енергозабезпеченні, так і (при комбінації декількох видів альтернативних джерел енергії) як основне.

В результаті аналізу впливу інженерно-технічного фактора автором було виявлено три типи інженерних систем, що впливають на формування об'ємно-планувального рішення енергоефективних висотних офісних будівель. До них відносяться інженерні системи відкритого типу, інженерні системи закритого типу, а також інженерні системи комбінованого типу.

До інженерних систем відкритого типу належать такі системи, які розміщуються із зовнішнього боку будівлі, на дахах, фасадах, карнизах та інших елементах конструкцій, що захищають, це можуть бути сонячні батареї, вітрогенератори, системи збору дощової води та інші подібні системи. До інженерних систем закритого типу необхідно віднести системи вентканалів, різні системи акумулювання енергії, системи геліотермальних лабіринтів, а також всі інженерні системи, які традиційно присутні в сучасних будівлях (опалення, вентиляція тощо).

Інженерні системи комбінованого типу - це системи, яким одночасно притаманні властивості як систем відкритого, так і закритого типу. Інженерні системи першого типу можуть суттєво впливати на зовнішній вигляд будівлі, ставати її формотворчим елементом. Так, наприклад, розміщені в структурі об'єму будівлі вітрогенератори або сонячні колектори можуть бути ключовими елементами об'ємно-просторової композиції будівлі, що робить їх помітними навколишнім і дозволяє будівлі служити символом енергоефективного будівництва в цілому. Наявність інженерних систем закритого типу, навпаки, менш помітна, але від цього не зменшується вплив таких систем на формування об'ємно-планувальної структури.

Яскравими прикладами енергоефективних висотних офісних будівель, в яких переважно використовуються енергоефективні інженерні системи закритого типу, можуть бути Commerzbank Tower, Post Tower, Bank of America Tower. У таких будинках об'ємно-планувальне рішення підпорядковане задачі енергоефективності, але архітектурно-мистецький образ будівлі асоціативно не пов'язаний із розв'язанням цього завдання (рис. 1.8 (а-с)).

Використання інженерних систем комбінованого типу вимагає від архітектора застосування двох перерахованих вище підходів. Таким чином, інженерно-технічний фактор може помітно впливати на формування об'ємно-планувального рішення будівлі. Залежно від творчого задуму архітектора можливо врахувати та виявити цей вплив за допомогою різних архітектурно-планувальних прийомів.



Рисунок 1.8 – Приклад енергоефективних висотних офісних будівель

- a) Commerzbank Tower, Франкфурт, Німеччина (арх. Foster and Partners);
- b) Deutsche Post Tower, Бонн, Німеччина (арх. Helmut Jahn, Murphy/Jahn);
- c) Bank of America Tower, Нью-Йорк, США (арх. COOKFOX Architects)

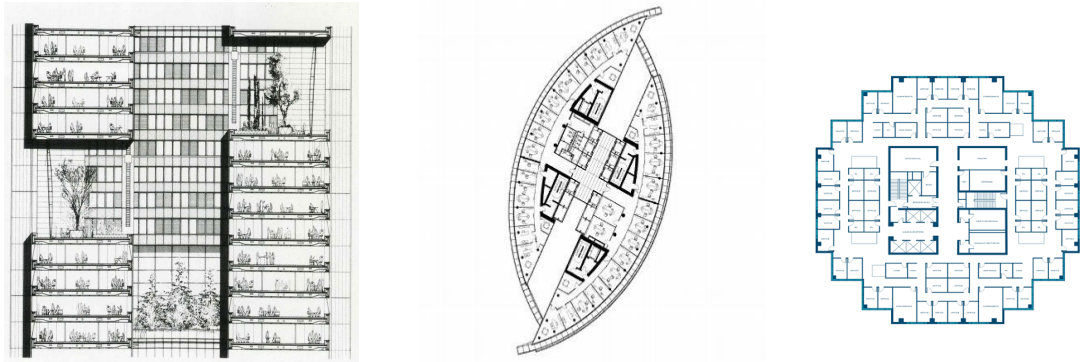


Рисунок 1.8.1 – а) Commerzbank Tower, загальний вигляд плану у структурі навколишньої забудови);

б) Deutsche Post Tower, загальний вигляд плану у структурі навколишньої забудови

в) Bank of America Tower, загальний вигляд плану у структурі навколишньої забудови

Що має важливе значення є архітектурно-художній чинник, вплив якого формується в першу чергу з архітектурного задуму автора (основної ідеї архітектурного проекту), а також пропонованих матеріалів та колірних рішень. Слід зазначити, що архітектурним рішенням загалом закладається ступінь впливу решти внутрішніх чинників. Архітектурно-художній фактор впливає головним чином на створення художнього образу будівлі, доцільність, сучасність проектного рішення, вибір та використання довговічних, практичних та відповідних естетичним вимогам матеріалів. Колірне рішення, закладене в оздоблювальних матеріалах будівлі, також впливає на енергетичні витрати будівлі (у зв'язку з фізичними особливостями кольору – його здатністю поглинати та відштовхувати світлові промені).

Перед архітекторами при формуванні художнього образу енергоефективних висотних офісних будівель стоїть завдання виявити не лише особливості офісної будівлі як місця для роботи, ділових зустрічей, спілкування з клієнтами, а й його приналежність до енергоефективних будівель – до будівель, що відповідають сучасним вимогам, і водночас найвищим нормам забезпечення якості умов праці. Поява нових

функціональних приміщень для розміщення та обслуговування енергогенеруючих елементів, забезпечення пасивного енергозбереження та необхідність урахування особливостей формоутворення (аеродинамічність, захист від перегріву, забезпечення природним освітленням) вимагають застосування специфічних архітектурно-художніх прийомів.

Наприклад, у проекті будівлі «City Hall», Лондон, 2002 р. арх. Foster and Partners (Рис. 1.9 (a,b)) забезпечення самозатінення відіграло ключову роль формуванні архітектурного образу будівлі. У будинках The Bahrain World Trade Center Towers (рис. 1.10 (a,b)) та Pearl River Tower (рис. 1.10 (c-e)) – форма будівлі спрямовує потоки вітру, що сприяє більш ефективній роботі вітрогенераторів. У будівлі Al Vahr Towers, Абу-Дабі, ОАЕ-архітектурним акцентом є динамічна фасадна система, яка зменшує проникнення сонячних променів у приміщення, перешкоджаючи перегріву і тим самим зменшуючи навантаження на системи кондиціонування (рис. 1.11 (a-c)). планувальних прийомів.



Рисунок 1.9 – City Hall, Лондон, Великобританія (арх. Foster and Partners):

а) загальний вигляд; б) розріз

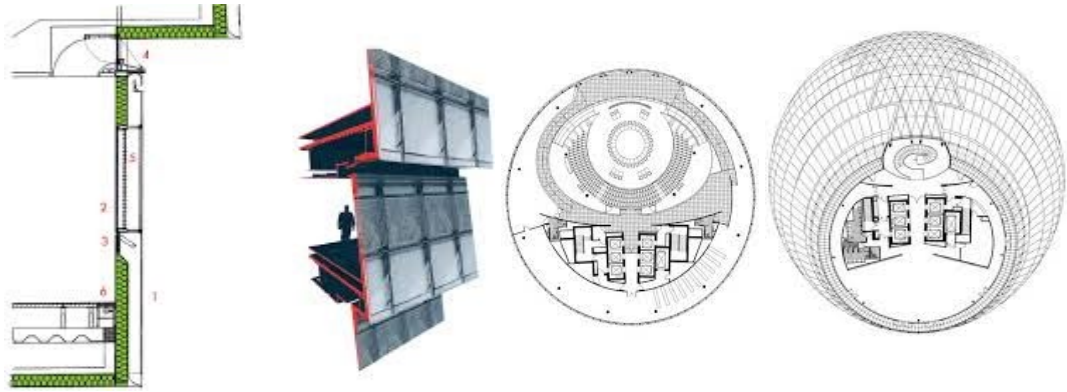


Рисунок 1.9.1 – Конструктивна схема огорожуючих конструкцій, зменшуюч навантаження на системи кондиціювання

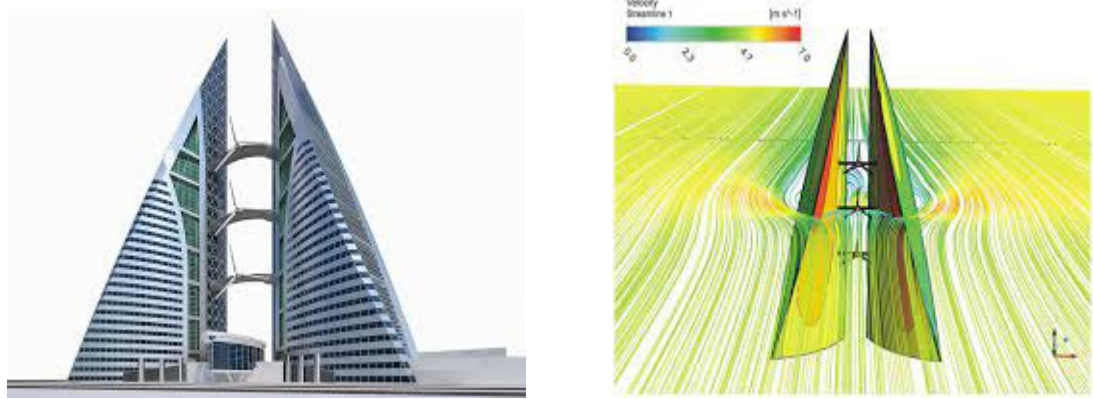


Рисунок 1.10 – The Bahrain World Trade Center Towers, вплив функціонально-планувального фактора (a,b):

a) загальний вигляд; b) план-схема руху вітрових потоків.

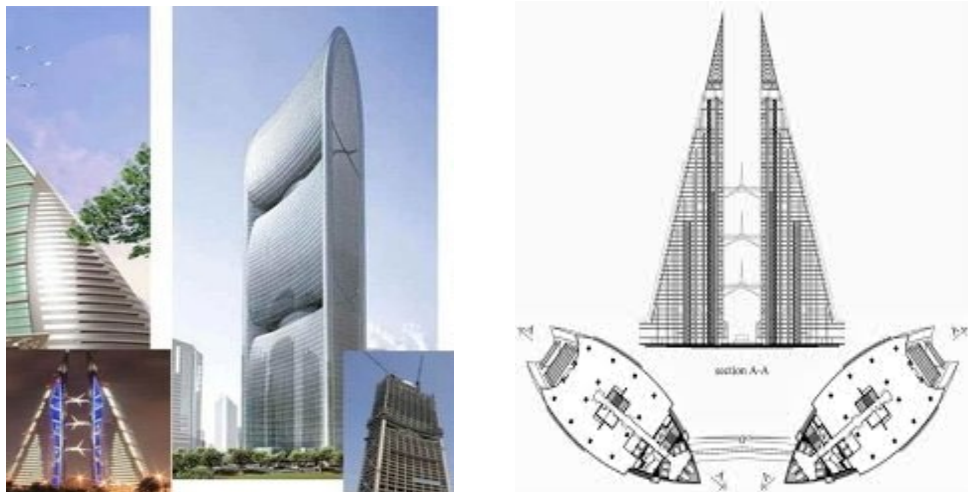


Рисунок 1.10.1 – Pearl River Tower, Вплив функціонально-планувального фактора (c, d,e):

c) загальний вигляд; d) розріз-схема руху вітрових потоків;
e) (фрагмент фасаду, у місці розташування вітрогенератора.

Вплив функціонально-планувального фактора обумовлюється необхідністю забезпечення та оптимізації всіх функціональних процесів, які передбачаються в будівлі, а також появою додаткових функцій, що не притаманні висотним офісним будинкам, у яких завданням енергоефективності увага не приділяється. Необхідність враховувати ці функції, а також формувати зв'язки між функціональними групами приміщень, визначають вплив функціонально-планувального фактора.



Рисунок 1.11 – Функціонально-планувальний фактор (а-с).

Будівля Al Bahar Towers, Абу-Дабі, ОАЕ (арх. Aedas Architects Ltd.):

а) загальний вигляд;

б) загальний вигляд, відкриті сонцезахисні пристрої;

с) фрагмент системи сонцезахисних пристроїв

Основними складовими функціонально-планувального фактора є: організація основних груп приміщень, організація технічних приміщень, комунікації між приміщеннями, а також зв'язок будівлі із зовнішнім середовищем. Функціонально-планувальний фактор переважно впливає на зручність та компактність розміщення основних та технічних груп приміщень, ефективне використання площі, ефективну організацію генплану, розташування вертикальних комунікацій та використання вертикального транспорту.

Однак, енергоефективні заходи не впливають на виробничий процес в офісах, крім того, вільне планування, характерне для організації сучасного офісного простору, дозволяє створювати та підтримувати оптимальний температурний режим, забезпечує провітрювання за рахунок вільного переміщення повітряних мас. Таким чином, функціонально-планувальна структура у робочій зоні може залишатися практично без змін [15]. В енергоефективних висотних офісних будинках однією з найважливіших завдань, яку можна вирішити за рахунок функціонально-планувальних засобів, є забезпечення денним світлом робочих приміщень.

При цьому найчастіше є необхідність зменшити проникнення прямих сонячних променів у будівлю в спекотний період року, оскільки вони збільшують навантаження на системи охолодження повітря. Таким чином, при формуванні об'ємно-планувальних рішень енергоефективних висотних офісних будівель функціонально-планувальна організація потребує не лише забезпечення функціональних зв'язків між процесами, а й оптимізації забезпечення цих процесів енергією.

Також необхідно враховувати вплив конструктивного фактора, основними складовими якого, що впливають на енергоефективність висотних офісних будівель, є: оптимальність, сучасність та унікальність конструктивної системи будівлі. Оптимальність конструктивного рішення дозволяє скоротити енергетичні та матеріальні витрати на виробництво елементів конструкцій, а також заощадити матеріали та час при зведенні будівлі. Унікальність передбачає врахування всіх особливостей об'єкта, можливість витримувати додаткові навантаження, пов'язані з роботою енергоактивного обладнання – гармонійне поєднання архітектурних та інженерних рішень.

Сучасність конструктивного рішення має на увазі використання останніх досягнень науки в галузі розробки конструктивних рішень для мінімізації енерговитрат на їх виробництво, зведення та експлуатацію, що дозволяє забезпечити довговічність та економію матеріалів. Загалом

будівництво висотних будівель потребує застосування досить складних конструктивних рішень, що пов'язано з їхньою специфікою.

Особливості висотних будівель: переважне значення горизонтальних (насамперед вітрових) навантажень над вертикальними; дуже високе навантаження на несучі конструкції, у тому числі на основи та фундаменти; підвищена значимість впливу низки природних факторів (сейсміка, сонячна радіація, аеродинаміка) та техногенних (вібрації, шуми, аварії, пожежі, диверсійні акти, локальні руйнування) на безпеку експлуатації; проблеми забезпечення спільної роботи в несучих конструкціях таких матеріалів як сталь і бетон, а також неоднаково навантажених елементів конструкцій, наприклад, колон і стін [11]. Облік цих особливостей є обов'язковим також при забезпеченні енергоефективності висотних офісних будівель.

Характерним прикладом застосування ефективних сучасних конструкцій в енергоефективному висотному офісному будинку можна вважати The Hearst Tower, Нью-Йорк, арх. Foster and Partners (Рис. 1.10.1 (a-c)). Про ефективну конструктивну систему The Hearst Tower пише її розробник Ахмед Рахіман: "...діагональна сітка надала значні переваги при виконанні вимог стійкості вежі під дією сили тяжіння, вітрових та сейсмічних навантажень. В результаті була розроблена дуже ефективна конструктивна система, для якої знадобилося на 20% менше стали проти традиційними конструкціями" [14].

Важливе значення має використання металу, що підлягає повторній переробці, що значно скорочує енергетичні витрати на його виробництво, здешевлюючи вартість будівництва та екологічне навантаження. Правильно підібрані огорожувальні конструкції будівлі також здатні мінімізувати витрати енергії на експлуатацію, а в деяких випадках навіть дозволяють вирішити проблему перегріву території прилеглих до будівлі кварталів.

Прикладом може бути будівля Sony City Osaka, для якої була розроблена фасадна система BIO SKIN, що перешкоджає ефекту підвищення температури, характерному для великих міст (рис. 1.11.1 (a,b)). Результати

моделювання та інші дослідження, такі як аналіз потоків повітря, підтвердили охолодний ефект глиняних решіток, наповнених прохолодною водою (елементів фасадної системи BIO SKIN). Математичне моделювання, засноване на даних вимірювань, показало, що в спекотний день літа температура поверхні BIO SKIN може бути на 10°C (18°F) нижче температури навколишнього середовища, BIO SKIN може допомогти знизити температуру в прилеглий території та вхідної групи на 2°C ($3,6^{\circ}\text{F}$).

Температура поверхні фасаду, який оснащений BIO SKIN, також знижується на $1-2^{\circ}\text{C}$ ($1,8-3,6^{\circ}\text{F}$) на кожному поверсі, що доводить ефект раціонального використання кондиціонування повітря у літній період [16, с. 106]. У той же час використання деяких типів традиційних конструкцій, що захищають, призводить до перегріву міських територій, така ситуація характерна для районів з щільною висотною забудовою як район Нью-Йорка - Манхеттен (рис. 1.11.1 с). Отже, можна говорити про те, що конструктивне рішення значно впливає на енергоспоживання будівлі на всіх етапах життєвого циклу від виробництва матеріалів і зведення до експлуатації.



Рисунок 1.12 – The Hearst Tower, Нью-Йорк, арх. Foster and Partners, застосування ефективних сучасних конструкцій в енергоефективному висотному офісному будинку (а-с):

а) загальний вигляд

б) комп'ютерна модель конструктивної системи



Рисунок 1.12.1 – The Hearst Tower, Нью-Йорк, арх. Foster and Partners:
с) конструктивна система (фото)

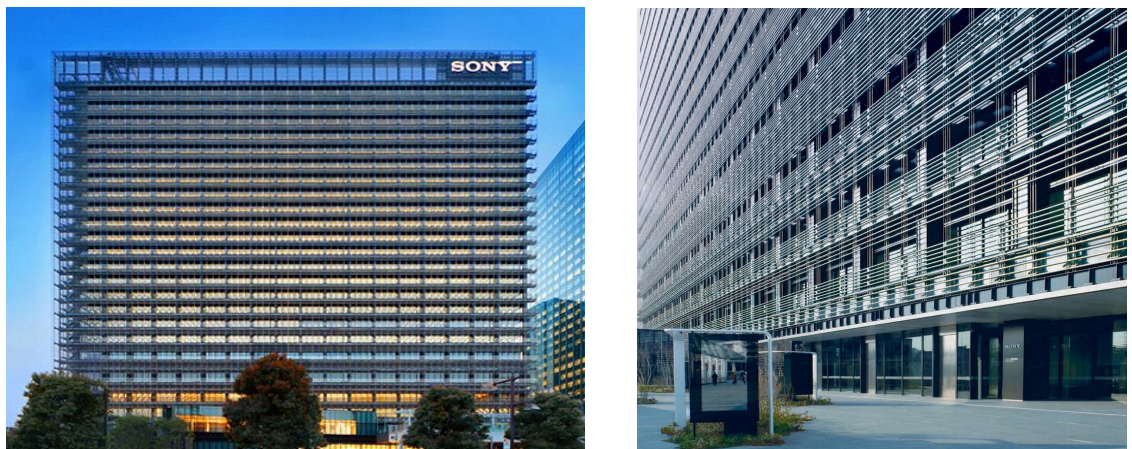


Рисунок 1.13 – Sony City Osaka, елемент фасаду; загальний вигляд

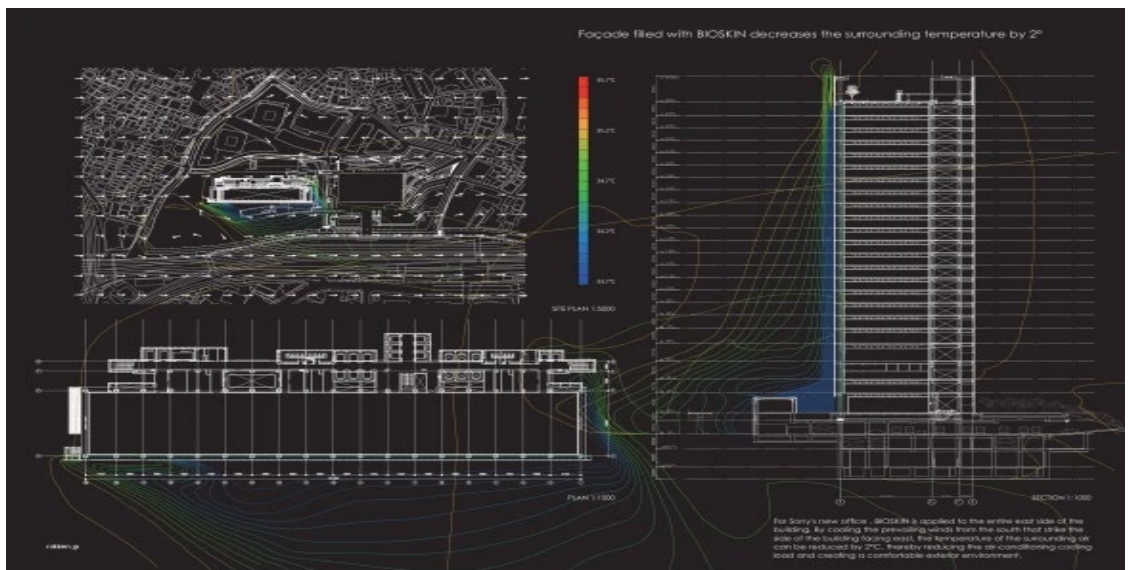


Рисунок 1.13.1 – Sony City Osaka, план та розріз

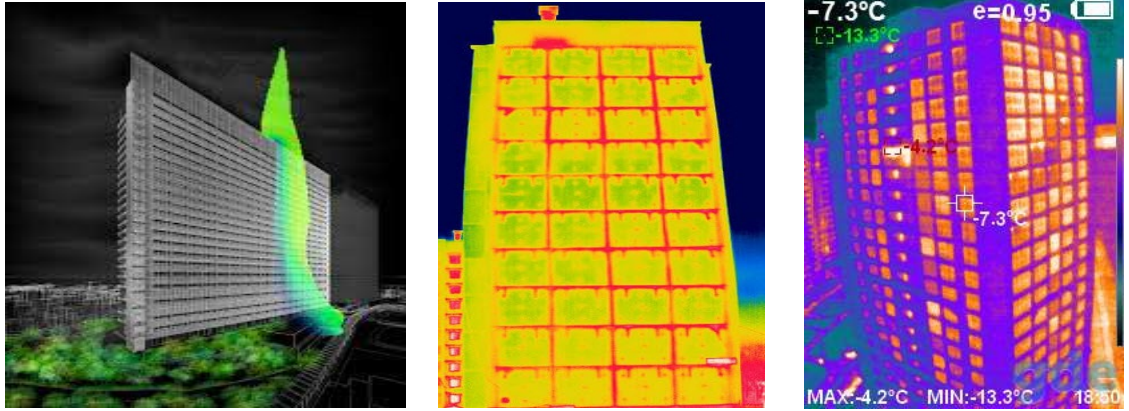


Рисунок 1.13.2 – Традиційні конструкції, що захищають, призводить до перегріву:

с) Інфрачервона фотографія (фото Tyrone Turner/National Geographic)

1.4 Нормативно-правові аспекти енергозбереження

Для України як незалежної держави одним із найбільш актуальних питань є забезпечення енергетичної безпеки країни. За умови, що в Україні є обмежений ресурс енергетичного потенціалу, особливу увагу необхідно приділити питанням енергозбереження.

Як відомо, сьогодні визначено два шляхи вирішення питання енергозбереження:

- розробка та впровадження енергозберігаючих технологій, конструкцій та матеріалів;
- розробка та впровадження альтернативних джерел енергії.

Реалізація цих шляхів потребує відповідного нормативно-правового забезпечення.

На сьогоднішній день в Україні існує Закон «Про енергозбереження», яким визначено правові, економічні, соціальні та екологічні засади енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань та організацій, що розташовані на території України, а також для громадян.

Відповідно до закону «Про енергозбереження», поняття «Енергозбереження» визначається як «діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії та природних енергетичних ресурсів у національному господарстві та яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів».

Аналіз цього законодавчого акта свідчить, що певні його положення мають більш декларативний характер, які складно практично реалізувати, оскільки у ньому відсутні конкретні механізми реалізації викладених позицій, вкладених у реалізацію енергозбереження країни.



Рисунок 1.14 – Загальноприйняте та сучасне трактування мети енергозбереження



Рисунок 1.14.1 – Загальноприйняте та сучасне трактування мети енергозбереження

На сьогоднішній день метою діяльності з енергозбереження є економічна доцільність, реалізацією цієї мети є енергозбереження, а результатом – економічна ефективність.

Тобто основним пріоритетом енергоефективності сьогодні є економічний фактор, хоча, заради справедливості, слід зазначити, що основним пріоритетом має бути створення сприятливого середовища для життєдіяльності людини. Саме створення сприятливого та безпечного довкілля зараз стало основним пріоритетом нормативних документів ЄС, що належать до будівництва. Тому, на наш погляд, метою діяльності, пов'язаної з енергозбереженням, має стати створення комфортного середовища, реалізація цієї мети – енергоефективність, а результат реалізації – комфортні умови життєдіяльності.

Крім цього, сьогодні в Україні діє ДБН В.2.6-31-2021 «Теплова ізоляція будівель», що визначає вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будівель та споруд та порядку їх розрахунку з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрів, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності конструкцій, що захищають під час експлуатації будівель та споруд. Також у цьому документі визначено основні вимоги до енергетичного паспорту споруд. Необхідно конкретизувати загальні нормативно-правові вимоги забезпечення енергоефективності, і насамперед у будівництві, оскільки будівельна галузь є фондоутворюючою для всіх сфер економіки. Для визначення цих вимог корисним є досвід Європейського Союзу щодо енергоефективності у будівництві.

1.5 Дослідження іноземного досвіду регулювання організації будівництва

Досвід розвинутих країн свідчить: ефективне виконання державою своїх функцій дає потужний стимул розвитку капітального будівництва. Саме тому доцільно розглянути питання щодо зарубіжного досвіду регулювання капітального будівництва, висвітлити особливості використання господарсько - правових засобів державного регулювання капітального будівництва в країнах СНД, Європейського Союзу, США, Японії тощо.

З метою вдосконалення регулювання будівельної сфери в Україні розгляньмо досвід розвинених країн, що засвідчує тенденції розвитку їхніх економік і, більш того, генерує та прискорює розвиток шляхом забезпечення інвестиційних і споживчих інтересів людей. Аналіз зарубіжного досвіду показує єдність завдань і принципів управління будівництвом та різноманіття форм, що приймаються національними системами регулювання. Система технічного регулювання, прийнята в країнах ЄС, сьогодні розглядається як ефективна модель для міжнародного співробітництва та забезпечення результатів оцінювання відповідності, оскільки створювалася для формування єдиного економічного простору. Політика ЄС у царині технічного регулювання (включаючи оцінку відповідності та сертифікацію товарів) у рамках зовнішньої торгівлі ставить за мету захист загальних інтересів у контексті міжнародного співробітництва зі сприяння торгівлі та гармонізації практики, а також відповідність до політики регулювання товарів на внутрішньому ринку ЄС. Міжнародна модель технічної гармонізації базується на належній практиці регуляторних органів при розробленні, адаптації та упровадженні технічних регламентів шляхом застосування міжнародних стандартів. Ефективність європейського підходу до сфери технічного регулювання підтверджується наявністю низки угод про

взаємне визнання результатів оцінювання відповідності з такими країнами, як Японія, США, Нова Зеландія, Швейцарія, Ізраїль [35]. Результатами технічного регулювання будівельної галузі в економічно розвинених країнах є: – стійкий баланс економічних і соціальних інтересів учасників будівельної діяльності і споживачів будівельної продукції; – високий ступінь економічної та творчої свободи, підкріплений значною соціальною самосвідомістю регульованих суб'єктів і сприятливими умовами, що заохочують дотримання норм професійної етики; – розвинені соціальні та економічні інститути будівельної галузі; – глибока інтеграція інститутів будівельної галузі окремо взятої держави в єдину світову соціально-економічну систему шляхом гармонізації принципів технічного регулювання при різних формах реалізації цих принципів з урахуванням національних особливостей.

Нормативна база будівельної галузі складається з обов'язкового до застосування будівельного законодавства та добровільних стандартів [40]. До регіональної та національної нормативної бази будівельної галузі можна віднести ті складники, що за своїми ознаками потребують обов'язкового застосування: – будівельне законодавство, що містить законодавчі нормативні акти та нормативні акти виконавчих органів влади, обов'язкові для виконання всіма суб'єктами регулювання; – добровільні нормативні технічні документи – норми та стандарти, що не є частиною будівельного законодавства та призначені для добровільного застосування

Проведений аналіз показує, що упровадження міжнародного досвіду є позитивним аспектом для подальшого розвитку та побудови досконалої моделі будівельної галузі шляхом створення ефективних механізмів регулювання будівництва. Відзначено, що нормативно-правові документи заслуговують особливої уваги на шляху до вдосконалення правової системи України. Доведено, що міжнародний досвід підтверджує загальну тенденцію розвинених країн до роздержавлення управління будівництвом та передачі все більшої кількості владно-управлінських функцій організаціям саморегулювання.

2 КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ, ЯКІ СПРИЯЮТЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЦИВІЛЬНОМУ БУДІВНИЦТВІ

2.1 Сучасна енергоефективна будівля

Одним із основних ресурсів життєдіяльності будь-якої споруди є електроенергія, про проблему економії якої говорять давно. Однак, поки Україна лише вивчає термін «енергоефективність», країни Європейського Союзу вже давно застосовують його на практиці у процесі будівництва об'єктів усіх сегментів нерухомості та отримують від цього реальну економічну вигоду. В Україні розвиток та застосування енергозберігаючих технологій у сфері будівництва відбувається саме в основному завдяки роботі представництв зарубіжних компаній, для яких запровадження таких технологій є нормою на рідних ринках.

Енергоефективна будівля – це споруда, в якій реалізовано весь комплекс заходів щодо енергозбереження, що включає облік, регулювання, а також зниження рівня втрат при споживанні енергії. Основні параметри енергоефективної будівлі закладаються на стадії проектування та будівництва. За даними компанії Schneider Electric в Україні, для досягнення високого рівня енергоефективності у будівництві та експлуатації цивільних та комерційних будівель на українському ринку необхідно виконувати наступний комплекс заходів:

- проводити базові заходи (використовувати теплоізоляційні матеріали, енергозберігаючі лампи та ін.);
- оптимізувати використання енергії (підтримувати температуру всередині будівлі на заданому рівні, відключати системи після завершення роботи);

– адаптувати та модернізувати установки відповідно до умов їх експлуатації (враховувати ступінь зношування, сферу застосування, обсяги будівлі та ін.).

«У багатоквартирних будинках енергоефективні технології включають встановлення загальнобудинкових та поквартирних лічильників тепла та води, приладів регулювання енергоспоживання (радіаторні терморегулятори та ін.), утеплення будівлі, заміну вікон тощо». Слід зазначити, що теплоізоляція виконує кілька важливих функцій. По-перше, сучасні системи утеплення передбачають створення комплексної захисної термооболонки навколо конструкцій будівлі, по-друге, відіграють роль звукоізолятора, який значно підвищує рівень комфорту для людей, що знаходяться в будівлі.

В останні роки застосування всіх енергоефективних технологій на об'єктах нерухомості поєднується концепцією так званого «пасивного будинку», тобто житла, максимально доброзичливого навколишнього середовища. Енергоспоживання «пасивного будинку» становить не більше 15 кВт – більш ніж у 10 разів економічніше за типову вітчизняну «хрущовку». «Пасивні будинки» (рис. 2.1, 2.2) опалюються практично за рахунок тепла, що виділяється людьми та електроприладами.



Рисунок 2.1 – Пасивні, нульові і активні будинки: утеплюємо енергоефективний котедж



Рисунок 2.2 – Пасивні багатоповерхівки та цілі райони міст – E-DIM

«В Україні на сьогоднішній день немає будівель, що відповідають рівню «пасивних будинків», які будуються, наприклад, у Данії. Однак ця технологія поступово знаходить тут свого споживача. Незважаючи на те, що всі складові технології «пасивного будинку» реалізувати в нашій країні поки що неможливо, оскільки не всі компанії можуть надати готові та адаптовані рішення для такої споруди, вже простежується тенденція до бажання економити на експлуатації будівлі – і це прямий шлях до європейських стандартів. У свою чергу зростання цін на енергоресурси лише стимулюватиме інтерес до подібних технологій».

Крім названих вище способів пасивного енергозбереження, варто також відзначити нові рішення на базі високих технологій - інтелектуальні системи опалення, що дозволяють оптимізувати надходження та розподіл тепла в будівлі, тобто забезпечити необхідну та достатню його кількість там і в той час, де це необхідно. Однак масове застосування такого підходу в Україні потребує внесення суттєвих та радикальних змін до схеми централізованого опалення. До таких масштабних і дорогих трансформацій

наша країна, на жаль, поки що не готова.

2.2 Українські реалії

Питання будівництва енергоефективних будівель в Україні стає все більш актуальним у сучасних непростих економічних реаліях, а проблема раціонального використання енергоресурсів набуває все більшого значення. «Раніше ніхто не дбав про економію теплової енергії через порівняно низькі ціни на газ, а також відсутність жорстких вимог до утеплення будівель. Проте за останні кілька років вартість газу для України зросла у кілька разів, поступово наближаючись до ціни, яку сплачують за цей ресурс інші європейські країни. У зв'язку з цим заходи щодо теплоізоляції будівель розглядають в Україні як інвестицію, яка значно підвищує рентабельність будівництва. Як показує досвід, при комплексній теплоізоляції будівлі з можливістю обліку та регулювання подачі тепла витрати на утеплення окупаються вже через 5-6 років, після яких теплоізоляція починає приносити чистий прибуток у вигляді зниження вартості опалення до 70%. У розрахунку на рік це виливається у значну суму, яку можна відняти від статті з експлуатаційних витрат будівлі. Та й привабливість купівлі чи оренди енергоефективної будівлі значно вища порівняно з традиційною». Задля досягнення у перспективі бажаного економічного результату на стадії будівництва доведеться викласти значну суму на впровадження енергозберігаючих технологій. Так, за даними експертів, у Європі вартість будівництва з використанням енергозберігаючих технологій у середньому на 7-8% вища порівняно з традиційною. Як показує практика, в Україні далеко не всі інвестори готові йти на такі витрати.

За даними Асоціації енергоаудиторів України, термомодернізації потребує понад 300 мільйонів м² об'єктів житлової нерухомості. Це

насамперед будинки перших масових серій, через стіни яких втрачається до 50% споживаного тепла. «Вартість утеплення квадратного метра стіни в середньому становить 200-300 гривень. У масштабах країни це виливається у велику суму, яку держава об'єктивно не може виділити. Тому вирішення цього питання повністю лягає на плечі самих мешканців. Утеплювати окремі квартири менш ефективно, ніж водночас весь будинок. Утеплюючи окрему квартиру, можна підвищити в ній температуру на кілька градусів, проте значно знизити витрати на опалення не вийде. Якщо ж провести комплексну термомодернізацію будівлі із встановленням загальнобудинкових лічильників теплової енергії, терморегуляторів та приладів обліку у кожній квартирі, то, крім комфорту, мешканці отримають реальну економію коштів на опалення – до 70%».

2.3 Проблеми енергозбереження

Концепція енергозберігаючої будівлі хоч і з помітним запізненням, але все ж таки поступово знаходить своє застосування в Україні. З 1 січня 2009 року набула чинності процедура енергетичної сертифікації будівель. Це означає, що будинкам, як і електроприладам, залежно від рівня енергоспоживання присвоюватиметься енергетичне маркування від А до G (А – найнижчий ступінь енергоспоживання, G – найвищий). Енергетичні показники будівель (у тому числі рівень витрат при експлуатації) відобразатимуться у так званому енергетичному паспорті, який стане обов'язковим документом для будівництва нових або реконструкції старих будинків. Оскільки енергетичний паспорт відобразатиме реальний стан енергоспоживання будівлі, він впливатиме на рівень орендної плати в такому об'єкті та ціну його продажу. Чим нижчі експлуатаційні витрати будівлі, тим вища його рентабельність і, відповідно, інвестиційна привабливість купівлі.

У зв'язку з цим попит на об'єкти нерухомості із застосуванням сучасних енергозберігаючих матеріалів і технологій будівництва, включаючи і теплоізоляційні матеріали, збільшуватиметься».

Процес впровадження енергозберігаючих технологій в Україні сповільнюється низкою проблем. Серед них – недосконалість чинного законодавства, зокрема, відсутність механізмів контролю та притягнення до відповідальності забудовників, які не дотримуються стандартів енергоефективності при будівництві об'єктів нерухомості. Особливо болючим це питання є у секторі ЖКГ, де спостерігається неефективна система власності, відсутність механізмів стимулювання для реалізації енергоефективних проектів на регіональному рівні. На думку експертів, вирішенням більшості проблем могла б стати розробка розумної тарифної політики на послуги ЖКГ для населення, яка б враховувала інвестиційну складову, а також запровадження обов'язку проводити модернізацію та реконструкцію систем тепlopостачання. На рівні окремих будинків проблемою є відсутність інституту ефективного власника житла та культури економного використання енергоресурсів.

2.4 Технологія майбутнього

Враховуючи названі вище проблеми, головними завданнями формування інтересу кінцевих користувачів до впровадження енергозберігаючих технологій та стимулювання інвестицій у будівництво енергоефективних будинків є вдосконалення нормативної бази, а також розробка та застосування конкретних заходів економічного стимулювання.

При розробці механізмів економічного стимулювання власників житла та інвесторів доцільно використати досвід розвинених країн, де, зокрема, застосовується система податкових пільг, субсидування, яка

частково покриває витрати на впровадження енергозберігаючих технологій, та ін. Досить результативним заходом може стати також створення диференційованої тарифної сітки, що розробляється енергетичними компаніями з метою створення певних пільг на оплату енергії для будівель із низьким енергоспоживанням. На думку експертів, можливість у майбутньому знизити витрати за рахунок економії енергії без отримання прав на пільги не буде для власників житла сильним стимулом з огляду на великі витрати на підвищення енергоефективності будівлі. Поряд з цим необхідно всебічно інформувати інвесторів та користувачів будівлі про важливість та вигоду економії на енергетичних ресурсах та впровадження енергозберігаючих технологій.

Для інвесторів, які вкладають кошти у будівництво енергоефективних будівель, додатковим стимулюючим фактором може стати можливість підключення до теплових мереж за нижчою вартістю, розробленою спеціально для такого типу будівництва.

2.5 Енергозберігаючі будинки — відмінності, технології, проекти

Останнім часом все дорожче, включаючи будівельні матеріали та енергоресурси. Зводити та опалювати будинки стає все складніше. Саме тому протягом останніх кількох років настільки популярною стала канадська технологія із застосуванням сендвіч-панелей.

Порівняно із звичайними будинками, вона дозволяє буквально за півроку звести надійний, енергозберігаючий та екологічний будинок Вашої мрії!

Чим відрізняються енергозберігаючі будинки від звичайних?

Енергозберігаючі будинки під ключ — найкраще рішення для тих, хто хоче побудувати житло для себе та своєї родини.

Про переваги цієї унікальної західної методики будівництва будинків якраз і піде далі.

Переваги енергоефективних будинків.

На Заході вже давно успішно використовують цей спосіб спорудження каркасних будівель із використанням SIP панелей.

Технологія дозволяє:

1. Економити час. За цією технологією фахівці компанії «Сервус Київ» збудують для Вас надійний енергозберігаючий будинок від 2-х до 6-ти місяців. Погодьтеся, це у кілька разів швидше, ніж за звичайних методів будівництва.

2. Отримати відмінну теплоізоляцію. Завдяки 3-рівневій конструкції 164-міліметрова за товщиною SIP-панель за теплоізоляційними характеристиками відповідає 2-метровій стіні з цегли. Влітку у Вашому будинку не буде спекотно, а взимку – не буде холодно.

3. Забезпечити безпеку при пожежі. У нашому арсеналі тільки надійні, оброблені спеціальним протипальним утеплювачем SIP панелі, що запобігає займанню.

4. Забезпечити безпеку при сейсмічній активності. Ходять чутки, що під час урагану чи землетрусу будинок може обрушитися. Це не правда. Будівлі з SIP панелей витримують не лише сильні пориви вітру, але й землетруси до 9 балів.

5. Будувати круглий рік. Не важливо, на вулиці сонце, дощ чи мороз — Вам новий будинок буде збудовано у будь-якому випадку.

6. Будувати за євростандартом. Компанія «Сервус Київ» працює за цією технологією понад 12 років. Фахівці якісно виконують роботи будь-якої складності. Для будівництва використовуються лише екологічно чисті матеріали. Завдяки ефективній західній технології, досвідченості майстрів та сертифікованим матеріалам збудований нами будинок буде служити Вам до ста років.

3 ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ ДЛЯ МОЖЛИВОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА

3.1 Загальні положення із забезпечення теплоізоляційних показників конструкцій будівель і споруд

При проектуванні житлових та громадських будинків та деяких видів споруд в сучасних умовах з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинків та споруд мають використовуватися різні системи теплової ізоляції конструкцій.

Застосовувані на даний час системи зовнішнього утеплення стін будинків можна розділити на:

- системи утеплення із оштукатурюванням фасадів (зовнішня теплоізоляція «мокрого» типу);
- системи утеплення із захисно-декоративним екраном «вентильовані фасади»;
- системи утеплення з облицюванням цеглою або іншими дрібними матеріалами.

Теплотехнічні властивості огорожень повинні забезпечувати нормований температурно-вологісний режим у приміщенні, допустиму величину коливань температури на внутрішній поверхні при температурних змінах зовнішнього повітря.

Виконання теплотехнічного розрахунку енергоефективних огорожувальних конструкцій будинків має за мету забезпечити

підвищений теплозахист житлово-цивільних будинків і споруд для нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту.

Розрахунок виконується з урахуванням нових, підвищених нормативів опору теплопередачі зовнішніх конструкцій, що огорожують, відповідно ДБН В.2.6-31:2021 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року, що встановлюють вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будинків і споруд і порядку їх розрахунку з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинків та споруд.

3.2 Проектування огорожувальних конструкцій будинків за теплотехнічними показниками їх елементів

Основним завданням теплотехнічного розрахунку є визначення необхідних теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій будинків в залежності від призначення будівлі, кліматичних умов (температурної зони) району будівництва, умов експлуатації будинку і в решті, розрахунок необхідної товщини утеплювального шару та визначення товщини як окремих елементів конструкції, так і її конструктивної товщини в цілому.

3.3 Нормування і розрахунок теплозахисних характеристик вікон

Світлопрозорі конструкції складаються з світлопрозорого матеріалу і елементів, що обрамляють його, клас яких впливає на вікна ціну. При цьому характер теплообміну принципово різний для скління та елементів коробки та палітурки (рами та стулки).

Залежно від віконної системи і заданих геометричних розмірів, на непрозорі ділянки вікна може припадати до 30% його площі. Водночас питання теплообміну в тонкостінних профілях, з яких збираються всі сучасні вікна, за винятком дерев'яних, на сьогоднішній день є найменш освітленими у доступній для вітчизняних проектувальників спеціальній літературі.

Таблиця 3.1 – Термічний опір віконних профілів різної конструкції

Система	Термічний опір пакета профілів $R, \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Коефіцієнт теплопередачі пакета профілів $U, \text{ Вт}/\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
2-х камерная система ПВХ Пакет профілів коробка включаючи армування	0,59	1,7
	Алюміній "теплий" профіль з термовставкою	
	0,40	2,3



Сьогодні ми можемо з достатньою ґрунтовністю стверджувати тільки те, що однокамерний ПВХ профіль холодніший за двокамерний і т.д. Іншими словами, констатувати очевидний факт того, що збільшення кількості повітряних прошарків у конструкції профілю призводить до збільшення його термічного опору. Для використання в розрахунках наведемо дані щодо термічного опору профілів різних систем (табл. 3.1), а також теплопровідності матеріалів, з яких вони виготовлені (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти теплопровідності матеріалів віконних профілів та підсилювачів

Матеріал	Т еплопровідності, 1 Вт/м°С
Нержавіюча сталь	10 - 20
ПВХ	0.25
Склопластик	0.30
Алюміній	170 -195
Сталь	45 – 60

Слід зазначити, що незважаючи на відчутний вплив, який віконні профілі можуть надавати на температурний режим вікна і на тепловтрати через нього, визначальна роль все ж таки зберігається безпосередньо за заклоною частиною. Скління безпосередньо впливає на пластикові вікна розміри та ціни.

Наведений термічний опір

Основною величиною, що відбиває теплозахисні якості світлопрозорої конструкції, є наведений термічний опір вікна $R_{0пр}$.

Наведений термічний опір вікна $R_{0пр}$ визначається відповідно до наступних нормативних документів:

ДБН В.2.6-312021 Теплова ізоляція будівель;

ДСТУ Б В.2.6-100:2010 Конструкції будинків і споруд. Методи визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій;

ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод

визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій;

ДСТУ Б В.2.7-251:2011 Матеріали будівельні. Методи визначення питомої теплоємності (ГОСТ 23250-78, MOD);

ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

Відповідно до ДБН В.2.6-312021, базовою розрахунковою величиною для визначення опору теплопередачі є показник градусодоби опалювального періоду - ДСОП, що визначається за формулою 3.1:

$$\text{ДСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \times Z_{\text{от}} \quad (3.1)$$

де $t_{\text{в}}$ - температура внутрішнього повітря приміщення;

$t_{\text{от}}$ і $Z_{\text{от}}$ – середня температура та тривалість опалювального періоду (періоду із середньою добовою температурою повітря нижче або рівною 8°C за ДБН В.2.6-312021 Теплова ізоляція будівель).

Значення $R_{\text{опр}}$ для приміщень цивільних будівель слід приймати відповідно до табл. 3.

Таблиця 3.3 – Значення $R_{\text{опр}}$ для приміщень цивільних будівель

Будівлі та споруди	Градусодоби опалювального періоду $^{\circ}\text{C} \times \text{сут}$	Наведений опір теплопередачі вікон та балконних дверей не менше $R_{\text{отр}}$, $\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$
Громадські	8000	0,60

Наведений термічний опір вікна $R_{\text{опр}}$ визначається за формулою 3.2:

$$R_{\text{опр}} = \frac{R_{\text{oc}} \cdot F_{\text{oc}} + R_{\text{пер}} \cdot F_{\text{пер}}}{F_{\text{oc}} + F_{\text{пер}}} \quad (2)$$

де F_{oc} і $F_{\text{пер}}$ — площі скління та непрозорої частини (рами та палітурки), $[\text{m}^2]$

R_{oc} - опір теплопередачі скління, $[\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}]$

$R_o^{пер}$ — опір теплопередачі непрозорої частини (рами та палітурки), [$m^2 \text{ } ^\circ C / W$]

Значення опорів теплопередачі склопакетів наведено у табл. 3.4
значення опорів теплопередачі віконних профілів - в табл. 3.1.

Таблиця 3.4 – Термічний опір та коефіцієнт світлопропускання склопакетів різної конструкції

Конструкція	$K=1/R$ $W/m^2 \text{ } ^\circ C$	R $m^2 \text{ } ^\circ C / W$	Видима частина спектру			ІЧ сонячне випромінювання		
			t v	r v	a v	t e	r e	a e
F4 - 12 - F4 - 12 - F4	1,90	0,53	0,72	0,20	0,09	0,56	0,15	0,29

- t v – пропускання;
- r v – відображення;
- a v - поглинання;
- t e – пропускання;
- r e – відображення;
- a e – поглинання.

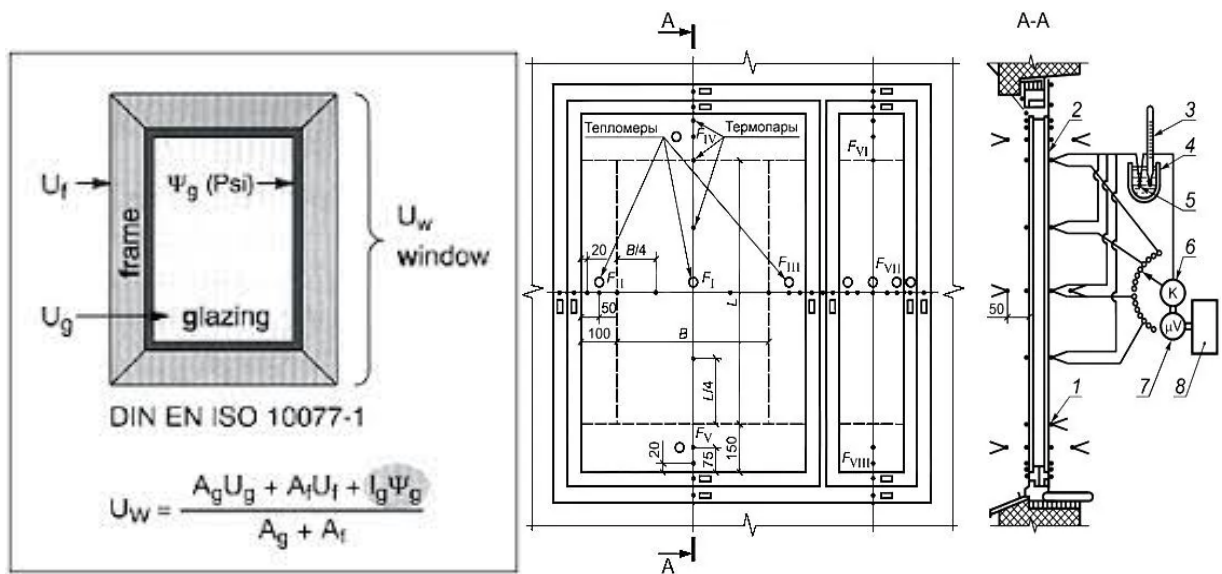


Рисунок 3.1 – Вогнестійкі конструкції MB-118EI

Розрахунок:

Вікно $1,2 \times 1,8$ м. Склопакет - двокамерний F4 - 12 - F4 - 12 - F4.

Район будівництва - м. Запоріжжя.

1. Термічний опір пакету профілів $R_0^{\text{пер}} = 0,59 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (табл. 1).

2. Ширина пакета профілів (коробка + стулка) -

$d = 123,5$ мм (рама 67 мм, стулка 82,5 мм - дод. 1).

3. Площа непрозорої частини:

$$F_{\text{пер}} = (0,123 \times 1,8) \times 2 + (0,123 \times ((1,2 - 0,123) \times 2)) = 0,442 + 0,265 = 0,71 \text{ м}^2.$$

4. Термічний опір склопакета

$R_0 = 0,53 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (табл. 1).

5. Площа скління:

$F_{\text{ос}} = (1,8 \times 1,2) - 0,71 = 1,45 \text{ м}^2.$

6. Для м. Запоріжжя. відповідно до ДБН В.2.6-312021:

- Тривалість опалювального періоду:

$Z_{\text{от}} = 213$ діб;

- Середня температура опалювального періоду:

$t_{\text{от}} = - 3,6 \text{ }^\circ\text{C};$

- ДСОП = $(20 + 3,6) 213 = 5027$

7. Інтерполяцією за табл. 3 знаходимо:

$R_0^{\text{пр}} = 0,55 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$

8. Підставляючи значення формулу (3.2), отримуємо:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{0,53 \cdot 1,45 + 0,59 \cdot 0,71}{1,45 + 0,71} = 0,55 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad (3.2)$$

9. Для наочності результати розрахунку можуть бути зведені до таблиці

$F_{\text{пер}} \times R_0^{\text{пер}} \times F_{\text{ос}} \times R_0^{\text{ос}} \times R_0^{\text{ос}} \times F_{\text{ос}} + R_0^{\text{пер}} \times F_{\text{пер}} \times R_0^{\text{пр}}$

$0,71 \times 0,59 \times 1,45 \times 0,53 \times 0,59 \times 0,71 + 0,53 \times 1,45 \times 0,55$

10. Висновок. Вікно заданої конструкції на межі (без запасу з термічного опору) задовольняє нормативні вимоги.

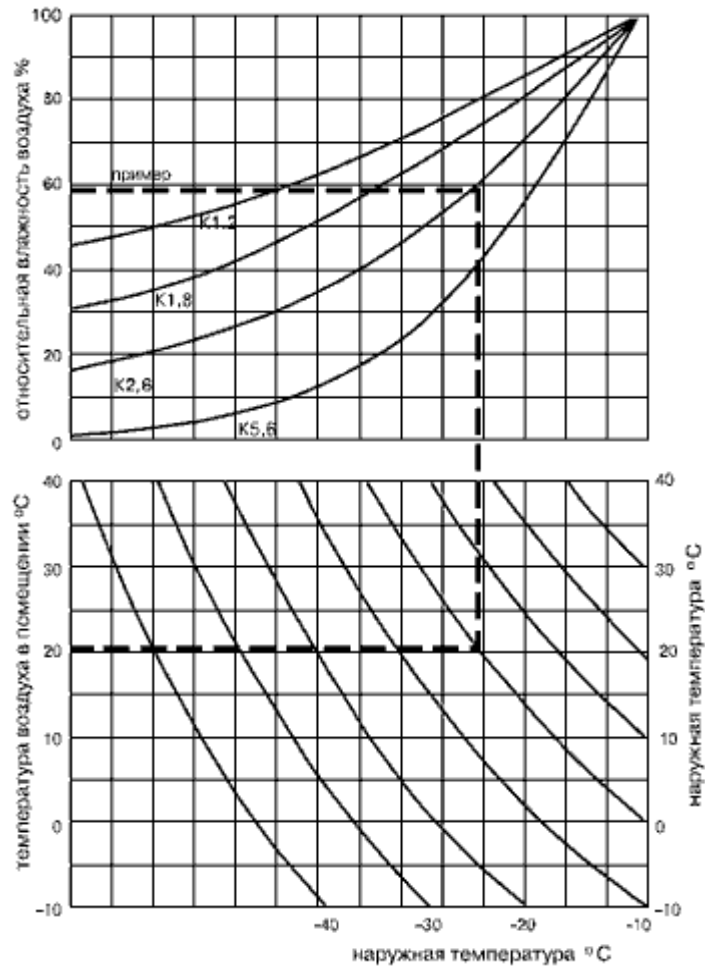
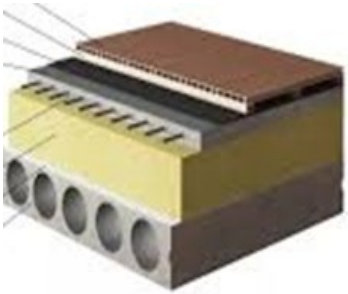


Рисунок 3.2 – Зона оптимального опору теплопередачі вікон

3.4 Теплотехнічний розрахунок перекриття

Перекриття виконані з многопустотных залізобетонних плит перекриття товщиною 220 мм. У даному проекті використовуються наступні розміри плит:

Таблиця 3.5– Конструкція перекриття і розрахункові коефіцієнти

Конструкція перекриття	Розрахункові характеристики матеріалів
	<p><u>1 шар</u> – лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові: $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$</p> <p>$\delta_1 = 0,02 \text{ м};$</p> <p>$\lambda_1^B = 0,38 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$</p> <p><u>2 шар</u> – цементно - піщаний розчин М100, $\rho_0 = 1600 \text{ кг/м}^3$</p> <p>$\delta_1 = 0,02 \text{ м};$</p> <p>$\lambda_1^B = 0,81 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$</p> <p><u>3 шар</u> – плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому (вміст до 5,0 %):</p> <p>$\rho_0 = 50 \text{ кг/м}^3;$</p> <p>$\delta_3 - ?$</p> <p>$\lambda_3^B = 0,046 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$</p> <p><u>4 шар</u> – пароізоляція – (в розрахунок не включається)</p> <p><u>5 шар</u> – залізобетонна багатопустотна плита перекриття:</p> <p>$\rho_0 = 2500 \text{ кг/м}^3;$</p> <p>$\delta_4 = 0,22 \text{ м};$</p> <p>$\lambda_4^B = 2,04 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$</p>

Виконання розрахунку:

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі перекриття житлових будинків для I температурної зони становить: $R_{q \text{ min}} = 6,0 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}.$

Для здійснення теплотехнічного розрахунку приймаємо значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\alpha_{в} = 8,7$ та зовнішньої $\alpha_{з} = 23,0$ Вт/(м² · К) поверхонь огорожувальної конструкції, що проектується.

Розрахункова товщина утеплювача δ_3 , м, визначається за формулою 3.3:

$$\delta_3 = (6,0 - 0,11 - 0,052 - 0,025 - 0,107 - 0,043) \times 0,038 = 5,663 \times 0,038 = 0,215 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_y = 0,22 \text{ м} = 220 \text{ мм}$.

Необхідний термічний опір шару утеплювача $R_{\Sigma пр}$ (м²·К)/Вт, визначається за формулою 3.4:

Підставляючи знайдені значення до формули 3.2, визначимо термічний опір шару утеплювача:

$$R_{\Sigma пр} = 0,11 + 0,052 + 0,025 + 0,107 + 5,789 + 0,043 = 6,074 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Виконуємо перевірку виконання обов'язкової умови проектування огорожувальних конструкцій за теплотехнічними вимогами за формулою 3.5

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}} \quad (3.5)$$


$$6,074 > 6,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

Прийнята конструкція перекриття задовольняє теплотехнічним вимогам.

3.5 Теплотехнічний розрахунок горищного покриття

Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів покриття

Таблиця 3.6– Конструкція даху і розрахункові коефіцієнти

Конструкція горіщного покриття	Розрахункові характеристики матеріалів
	<p><u>1 шар</u> – 2-х шаровий рулонний килим із захисним шаром з бітумно-полімерні та гідроізоляційні: $\rho_0 = 1400 \text{ кг/м}^3$; $\delta_1 = 0,07 \text{ м}$; $\lambda_1^B = 0,27 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$.</p> <p><u>2 шар</u> – розчин цементно-перлітовий: $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$; $\delta_1 = 0,03 \text{ м}$; $\lambda_1^B = 0,26 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.</p> <p><u>4 шар</u> – утеплювач: піноскло: $\rho_0 = 160 \text{ кг/м}^3$; $\delta_4 = ?$ $\lambda_3^B = 0,060 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$.</p> <p><u>5 шар</u> – пароізоляція «RockWoll»: $\rho_0 = 175 \text{ кг/м}^3$; $\delta_5 = 0,001 \text{ м}$; $\lambda_3^B = 0,95 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$.</p> <p><u>6 шар</u> – залізобетонна багатопустотна плита перекриття: $\rho_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\delta_4 = 0,22 \text{ м}$; $\lambda_4^B = 2,04 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.</p>

Виконання розрахунку:

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі покриття житлових будинків для I температурної зони становить: $R_{q \min} = 7,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Для здійснення теплотехнічного розрахунку приймаємо значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\alpha_{в}=7,6$ та зовнішньої $\alpha_{з}=23,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Підставляючи відповідні значення у формулу 1.1, визначимо опір теплопередачі для кожного шару покриття конструкції:

$$\delta_4 = (7,0 - 0,13 - 0,25 - 0,11 - 0,01 - 0,107 - 0,043) \times 0,060 = 6,35 \times 0,060 = 0,38 \text{ м}$$

Товщину утеплювача приймаємо згідно існуючої номенклатури виробів – 400 мм.

Необхідний термічний опір шару утеплювача $R_{\Sigma \text{ пр}}$ ($\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$), визначається за формулою 3.4:

Підставляючи знайдені значення до формули 1.2, визначимо термічний опір шару утеплювача:

$$R_{\text{пр}} = 0,13 + 0,25 + 0,11 + 0,01 + 0,107 + 6,66 + 0,043 = 7,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Виконуємо перевірку виконання обов'язкової умови проектування огорожувальних конструкцій за теплотехнічними вимогами за формулою 3.5

$$R_{\Sigma \text{ пр}} \geq R_{q \min} \quad (3.5)$$

$$R_{\text{пр}} = 7,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} > R_{q \min} = 7,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Умова виконується, тип конструкції обрано вірно.

ВИСНОВКИ

Аналіз вищеописаних чинників дозволяє зробити такі висновки. Проектування енергоефективних висотних офісних будівель – це досить складне багатофакторне завдання, для вирішення якого потрібний комплексний підхід. Якісні об'ємно-планувальні рішення енергоефективних висотних офісних будівель – це результат виявлення пріоритетних проектних завдань та вибору оптимальних методів їх вирішення. Аналіз факторів дозволяє запропонувати відповідні заходи щодо забезпечення енергоефективності.

При формуванні об'ємно-планувальних рішень енергоефективних висотних офісних будівель необхідно враховувати всі особливості місцевості, як кліматичні, так і містобудівні, що має на увазі індивідуальний підхід до проектування. Тому задля забезпечення енергоефективності не доцільно застосовувати типові проекти. У кожному конкретному випадку дія факторів нерівнозначна та залежно від конкретної ситуації мають значення різні складові, що потребує більш детального подальшого вивчення.

Врахування наведених у статті факторів дозволить архітектору-проектувальнику глибше зрозуміти характер процесів, вплив яких необхідно враховувати, та умов необхідних для забезпечення енергоефективності висотних офісних будівель. Такий підхід дає можливість розробляти проектні рішення, які у кожному конкретному випадку найкраще відповідають завданням забезпечення енергоефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондар-Підгурська О. В. Науково-методичні підходи до оцінки енергоефективності як фактора конкурентоспроможності промислової продукції в інноваційній моделі розвитку України. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки*. Кіровоград, 2012. Вип. 22, ч.ІІ. С. 470.
2. ДСТУ 3755-98. Енергозбереження. Номенклатура показників енергоефективності та порядок їхнього внесення у нормативну документацію. [Чинний від 1999-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 1999. 8 с.
3. Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році / С.Ф. Єрмілов, В.М. Геєць, Ю.П. Яценко, В.В. Григоровський, В.Е. Лір та ін. Київ : НАЕР, 2009. 93 с.
4. Єрмілов С.Ф. Державна політика енергоефективності в українському та європейському контексті : *матеріали VII Міжнародного енергоекологічного конгресу «Енергетика. Екологія. Людина»*, м. Київ, березень 2007 р. Київ, 2007. С. 133–136.
5. Микитенко В.В. Енергоефективність промислового виробництва : монографія. Київ : Об'єднаний інститут економіки НАН України, 2004. 282с.
6. Рубан-Максимець О.О. Особливості розрахунку показників енергетичної ефективності на базі статистичної звітності України. *Проблеми загальної енергетики*. Київ, 2009. № 20. С. 21–26.
7. Углубленный обзор политики и программ Украины в области энергоэффективности. Брюссель : Секретариат Энергетической Хартии, 2013. 144 с.
8. Управление энергоэффективностью 2-е издание : справочное руководство. Париж : МЭА, 2011. 71 с.

9. Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Шевченко О.М., Шовкалюк Ю.В. Аналіз нормативів споживання теплоти в Україні та світі. *Нова тема*. 2018. №2. С. 6–10.

10. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. Київ : Гама - Принт, 2019. 216 с.

11. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель : наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. №169. *Офіційний вісник України*. 2018. № 55. С. 301.

12. Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката : наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. № 172. *Офіційний вісник України*. 2018. № 55. С. 334.

13. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Official Journal of the European Communities*. 2010. № L153. P. 13-35.

14. ДСТУ Б EN 15217:2013. Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT). [Чинний від 2014-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонрозвитку України, 2014. 44 с.

15. ДСТУ Б EN 15603:2013. Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT). [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонрозвитку України, 2014. 92 с.

16. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT). [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонрозвитку України, 2013. 135 с.

17. Праховник А. В., Дешко В. І., Шевченко О. М.. Енергетична сертифікація будівель. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2011. № 1. С. 140–153.
18. КТМ 204 Україна 244-94. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. [Чинний від 1993-12-14]. Вид. офіц. Київ, 1993. 189 с.
19. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2022. 27 с.
20. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України : Українські енциклопедичні знання. Київ, 1998. 512 с.
21. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. [Чинний від 2018-12-01]. Київ : Мінрегіонбуд України. 2018. 25 с.
22. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Чинний від 2023-03-01]. Київ : Мінрегіонбуд України. 2023. 156 с.
23. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Київ : Мінрегіонбуд України. 2011. 135с.
24. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків. [Чинний від 2015-10-01]. Київ : Мінрегіон України. 2015. 67 с.
25. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22.06.2017 р. № 2118-VIII. *Голос України*. 2017. №134. С. 18.