

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

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 /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Вардикян Сергій Юрійович
 (прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Вибір оптимальних конструктивних рішень
ресурсозберігаючих огорожувальних конструкцій

керівник роботи Данкевич Н.О., доц., к.т.н.
 (прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)
 затверджені наказом ЗНУ від " 25 " 05 2020 року № 599 - с

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи конструктивні рішення теплоізоляційних систем
методи підвищення ефективності, науково-технічна, навчальна, нормативна
та періодична література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
вступ, аналіз шляхів збереження ресурсів у будівництві,
основні шляхи скорочення тепловитрат в будівлях і спорудах,
оцінка технологічної ефективності запропонованих методів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
вступ, основні питання дослідження, аналіз технічних систем теплоізоляції,
проекування організаційно-технологічних рішень проекту.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Данкевич Н.О., к.т.н.. доц.		
Розділ 2	Данкевич Н.О., к.т.н.. доц.		
Розділ 3	Данкевич Н.О., к.т.н.. доц.		

7. Дата видачі завдання

02 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ РЕСУРСІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ	15.10.2020	
2.	ЗАХИСНІ КОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ	21.11.2020	
3.	МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ І ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ	11.01.2021	
4.	ОФОРМЛЕННЯ ТА ПІДГОТОВКА ДО ЗАХИСТУ	02.03.2021	

Студент

(підпис)

Керівник роботи/проекту

(підпис)

Нормоконтроль пройдено

(підпис)
Вардикян С.Ю.
(прізвище та ініціали)Данкевич Н.О.
(прізвище та ініціали)Данкевич Н.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Вардикян С.Ю. Вибір оптимальних конструктивних рішень ресурсозберігаючих огороджувальних конструкцій.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Н.О. Данкевич Інженерний навчально-науковий інститут, Запорізький національний університет, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2020.

Проведено аналіз існуючих умов і виявлені сучасні проблеми збереження енергетичних ресурсів у будівельному комплексі України. Обґрунтовано необхідність підвищення енерго-, ресурсоефективності будівель за рахунок впровадження нових матеріалів та технологій. Виконати дослідження існуючих методик розрахунку ефективності впровадження ресурсозбереження по критерію оптимальності. Методика дослідження включає розрахунки, системний аналіз, теоретичні та експериментальні дослідження в лабораторних умовах та проведені провідними організаціями з теплоізоляційних будівельних матеріалів. Визначені технологічні та організаційні показники ефективності запропонованих варіантів утеплення будівель використовуючи ваговитість показників ефективності на основі втрат величин цих показників.

Ключові слова: проєкт, теплосбереження, ресурсоефективність, конструктивно-технологічні рішення, вагомість, ефективність, оптимальність.

Список публікацій магістранта:

Вардикян С.Ю. Вибір оптимальних конструктивних рішень ресурсозберігаючих огороджувальних конструкцій. . *Збірник матеріалів доп.*

участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С 210.

ABSTRACT

Vardikyan S.Yu. . Selection of optimal structural solutions for resource-saving separating elements

Qualification final work for a master's degree in the specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific advisor N.O. Dankevych Engineering Educational and Scientific Institute, Zaporizhzhya National University, Department of Industrial and Civil Engineering, 2020.

The analysis of existent terms is conducted and the modern problems of maintenance of power resources are educed in the building complex of Ukraine. The necessity of increase is reasonable energy-, resource of efficiency of building due to introduction of new materials and technologies. To execute research of existent methodologies of calculation of efficiency of introduction of resource-saving on the criterion of optimality. Research methodology includes calculations, analysis of the systems, theoretical and experimental researches in laboratory terms and conducted by leading organizations from heat-insulation build materials. The technological and organizational indexes of efficiency of the offered variants of warming of building are certain, using ponder ability of indexes of efficiency on the basis of losses of sizes of these indexes.

Keywords: project, resource-saving, structurally-technological decisions, ponder ability, efficiency, optimality.

List of postgraduate publications:

Вардикян С.Ю. Вибір оптимальних конструктивних рішень ресурсозберігаючих огороджувальних конструкцій. . *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С 210.*

АНОТАЦИЯ

Вардикян С.Ю. Выбор оптимальных конструктивных решений ресурсосберегающих ограждающих конструкций.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 192 - Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель Н.А. Данкевич Инженерный учебно-научный институт, Запорожский национальный университет, кафедра промышленного и гражданского строительства, 2020.

Проведен анализ существующих условий и выявлены современные проблемы сохранения энергетических ресурсов в строительном комплексе Украины. Обоснована необходимость повышения энерго-, ресурс эффективности зданий за счет внедрения новых материалов и технологий. Выполнить исследование существующих методик расчета эффективности внедрения ресурсосбережения по критерию оптимальности. Методика исследования включает расчеты, системный анализ, теоретические и экспериментальные исследования в лабораторных условиях и проведены ведущими организациями из теплоизоляционных строительных материалов. Определены технологические и организационные показатели эффективности предложенных вариантов утепления зданий, используя весомость показателей эффективности на основе потерь величин этих показателей.

Ключевые слова: проект, ресурсэффективность, конструктивно-технологические решения, весомость, эффективность, оптимальность.

Список публікацій магістранта:

Вардикян С.Ю. Вибір оптимальних конструктивних рішень ресурсозберігаючих огороджувальних конструкцій. . *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С 210.*

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ РЕСУРСІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ.....	14
1.1 Проблема ресурсозбереження на стадії виробництва будівельних конструкцій.....	14
1.2 Економія енергетичних ресурсів на стадії експлуатації будівель і споруд.....	19
1.3 Аналіз конструктивних рішень теплової ізоляції у будівництві.....	29
1.3.1 Технічні вимоги до ефективних утеплювачів для захисних конструкцій будівель.....	31
1.3.2 Будівельні конструкції із застосуванням ефективних утеплювачів.....	40
2 ЗАХИСНІ КОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ.....	50
2.1 Порівняльний аналіз найбільш відомих захисних конструкцій.....	50
2.2 Зовнішні стіни сучасних будівель і їх конструктивні особливості.....	55
2.2.1 Стіни будівель колодязної цегляної кладки.....	62
2.2.2 Стіни будівель колодязної цегляної кладки.....	63
3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ І ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	66
3.1 Оптимізація рівня теплоізоляції захисних конструкцій житлових і цивільних будівель.....	66
3.2 Методика вибору оптимального проекту для обґрунтованих інвестицій на реалізацію енергозберігаючих заходів.....	74
3.3 Визначення ваговитості показників ефективності на основі втрат величин цих показників.....	82
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	91

ВСТУП

Актуальність теми дослідження: Процес виникнення нових типів будівель і споруд, що безперервно розвивається, супроводжується розвитком відповідних областей будівельної техніки і передусім конструкцій і будівельних матеріалів, як основних засобів втілення всякого архітектурно-будівельного задуму в натурі. При цьому виникає діалектична взаємозалежність - нові будівельні матеріали, що поставляються промисловістю, і конструкції сприяють створенню нових типів будівель, потреба в яких, у свою чергу, стимулює появу нових матеріалів і конструкцій.

Сучасні конструкції і шляхи їх подальшого розвитку в цілях полегшення і здешевлення ґрунтуються на використанні міцністних, а при необхідності і ізоляційних властивостей матеріалів і наданні цим конструкціям досконалішої форми.

Різноманітна номенклатура будівельних матеріалів, що розвивається швидкими темпами дає можливість створювати на основі її нові оригінальні конструктивні рішення. Пошук таких рішень швидше приведе до бажаної мети, якщо його засновувати на правильно побудованій методиці конструювання будівель і їх вузлів. Ця методика включає розкриття усіх різноманітних зв'язків елементів будівель між собою і із зовнішнім середовищем, а також вибір раціональних конструктивних рішень виходячи з усебічного обліку усіх місцевих умов і можливостей. Така методика в ході науково-технічного прогресу не застаріває, а розвивається, спираючись на нові наукові досягнення в області фундаментальних і прикладних наук. Це обумовлює необхідність увесь процес конструювання розглядати як багатокритеріальне завдання, для вирішення якої застосовуються сучасні методи структурно-системного аналізу з розчленовуванням цієї системи на відповідні підсистеми, а також встановленням їх ієрархії.

Впоратися з рішенням такої задачі можна тільки у тому випадку, якщо в ході її рішення спиратися на глибокі знання будівельної механіки, фізико-технічних властивостей будівельних матеріалів, будівельної фізики, що включає кліматологію, теплофізику, будівельну і архітектурну акустику, а також на володіння методами варіантного проектування з техніко-економічною оцінкою порівнюваних варіантів.

Тільки при науково обґрунтованому підході до рішення архітектурно-будівельних завдань можна бути упевненим в ефективності результатів своєї праці по будівлі в цілому як гармонійному організмі, що складається з різних конструктивних елементів, взаємозв'язаних між собою.

При цьому слід враховувати особливу роль захисних конструкцій. Вони покликані забезпечувати комфорт перебування людей у будівлі і знаходяться зазвичай на видноті. З ними людина стикається повсякденно і по них у багатьох випадках судить про якість будівництва. Утримання захисних конструкцій, на належному технічному і естетичному рівні, забезпечення їх довговічності, надійності і ремонтпридатності - найважливіше завдання.

Конструктивні елементи, що виконують захисні функції, в ціннісному вираженні можуть досягати 2/3 загальної вартості будівлі. Проте найбільш типові випадки, коли елементи будівлі поєднують в собі функції, що і несуть, і захищають, одночасно. Тому, приступаючи до конструювання дуже важливо на основі техніко-економічного обґрунтування, встановити - чи будуть в даній конструкції несучі і захищаючі функції розділені між складовими її елементами або обидві ці функції поєднуюватимуться в одному матеріалі, а елемент працювати як єдине ціле.

Відомо, як якість проектного рішення зростає зі збільшенням кількості даних варіантів. При великій їх кількості виникає необхідність використання програмних продуктів, чому сприяє дана методика конструювання. Слід враховувати ще одну важливу обставину - при пошуку доцільних конструктивних рішень необхідно володіти методикою оптимального проектування із завданнями, що поступово ускладнюються.

Основний шлях досягнення цієї мети - проведення усебічного системного аналізу який розглядає методи конструювання елементів будівлі з метою надання їм заданих захисних функцій, таких як теплозахисні, акустичні, світлотехнічні та інші, що забезпечують в приміщеннях будівлі необхідний комфорт і високі експлуатаційні якості.

У загальній взаємозв'язаній системі пошуку доцільних конструктивних рішень можуть бути визначені три основні рівні підсистем: на першому, вищому рівні в масштабі міста, житлового району або мікрорайону вирішується вибір основних типів будівель, їх поверховість, конструктивні системи, архітектурний вигляд; на другому, проміжному, рівні визначаються типи і конструкції будівель для конкретного майданчика будівництва, підлеглого загальному задуму, прийнятому по місту в цілому; на третьому рівні виявляються функціональні зв'язки окремих елементів будівлі між собою, оцінюються умови їх роботи, вибираються матеріали, форма, розмір і конструкція проєктованого елемента, що відповідають вимогам, що пред'являються до нього.

Таким чином, увесь основний комплекс питань, пов'язаний з проєктуванням того або іншого елемента будівлі, виявляється підпорядкованим загальним питанням, що вирішуються на I-му рівні, знайшли своє принципове вираження на II-му рівні і в усіх деталях, що розглядаються на III-му рівні. При цьому дуже важливо в межах ділянки системи, що цікавить, виділити властивості, які гратимуть роль основних системоутворюючих. В даному випадку такими властивостями стануть виконані огорожувальні конструкції які відповідають заданим функціям і витікають з умови їх роботи.

У результаті увесь процес проєктування окремих конструктивних елементів будівлі зводиться до виявлення конкретних умов, в яких вони знаходяться у складі будівлі, на основі оцінки усіх місцевих можливостей, до вибору їх архітектурно-конструктивних рішень, що забезпечують високу

надійність елементу і достатню економічність як у будівництві, так і в течію усього розрахункового терміну експлуатації.

Щоб мати можливість повніше оцінити роль конструктивного елементу в загальній структурі будівлі, необхідно усю сукупність дій, яким він піддаватиметься як в ході будівництва, так і в процесі експлуатації будівлі, схематизувати і представити у вигляді простих дій. Такий прийом правомірний лише у тому випадку, якщо наслідки дій, що схематизували, ідентичні наслідкам, що виникають в дійсних умовах, і чим точніше система дій, що схематизували, відтворюватиме дійсну, тим достовірніше виявляться отримані результати. Усі дії, що сприймаються елементом, групують за природою виникнення і особливостям їх впливу на роботу елементу. Усі види дій можуть бути розділені на залежні від конструктивного рішення будівлі, від місцевих особливостей, що викликаються природно-кліматичними умовами, витікаючи зі встановленого режиму експлуатації і визначувані умовами будівельно-монтажних робіт.

Дії можуть носити силовий і несиловий характер. В деяких випадках під впливом одних і тих же чинників можуть виникати одночасно і силові, і несилові дії. Так, при вітрі під впливом швидкісного натиску на поверхню обгороджування діє вітрове навантаження і одночасно збільшується кількість проникаючого через неї повітря, що знижує теплоізоляційні якості цього обгороджування. Шар снігу створює додаткове навантаження на покриття і одночасно змінює його температурний режим, викликаючи переміщення межі нульових температур у бік зовнішньої поверхні покриття.

Дії можуть змінюватися за величиною, часом дії, міри повторюваності. Так, дії, обумовлені впливом власної маси, носять, як правило, постійний характер, що не міняється в ході експлуатації будівлі. Зміни температури повітря, швидкості вітру, сонячної радіації, режиму експлуатації, навпаки, можуть відбуватися багаторазово. Тому дуже важливо встановити діапазон їх можливих коливань за величиною, напрямом, мірою повторюваності, вірогідності виникнення екстремальних ситуацій.

Розгляду підлягає і робота елементу в процесі будівництва будівлі. Дії, що виникають в цих умовах, визначаються послідовністю зведення будівлі або монтажу збірних елементів, погодними умовами, тривалістю схоплювання і тверднення бетонів і розчинів, особливістю процесів, що протікають у багатошарових конструкціях під впливом взаємодії складових його окремих шарів. Виявити їх можна лише після вирішення усіх питань, пов'язаних з виготовленням, транспортуванням і монтажем елементів, і визначення погодних умов (пора року), послідовності і термінів виконання робіт на будівельному майданчику.

Наслідки, що викликаються виникаючими діями на елементи будівлі, проявляються у вигляді різноманітних процесів, що виникають або протікають в них як в процесі будівництва, так і при експлуатації. Визначаються вони не лише формою, структурою і властивостями матеріалів, з яких виготовляються, але і характером взаємозв'язку з іншими елементами будівлі, тобто конструктивним рішенням вузлових сполучень (шарнірне, пружне, жорстке).

Сучасна наука дозволяє досить глибоко розкривати усі процеси, що відбуваються в елементі, давати їх кількісну оцінку і таким чином прогнозувати їх експлуатаційні якості. Це стосується теплозахисту, температурних і вологості деформацій, оцінки акустичних якостей, що впливають на комфорт перебування людей в приміщенні, герметичність стикових сполучень, довговічність обгороджувань та інше.

Недостатній облік усіх цих наслідків здатний приводити до дискомфорту перебування людей, передчасній втраті експлуатаційних якостей обгороджувань, втраті архітектурно-художніх якостей, необхідності проведення великих відновних робіт. Складніші завдання виникають у випадках, коли доводиться враховувати наслідки одночасно багатьох дій. Це обумовлюється тим, що однозначні наслідки, що викликаються різними діями, можуть накладатися одне на інше, посилюючи загальну картину. У одношарових перешкодах наслідку оцінювати простіше, оскільки у

багатошарових перешкодах доводиться враховувати додатковий взаємний вплив суміжних шарів, що мають у багатьох випадках, різні фізико-механічні характеристики.

На характер наслідків істотний вплив можуть робити і прийняті способи сполучення окремих елементів між собою, що також має бути оцінене.

Метою магістерської роботи: є науково обґрунтований підхід до рішення архітектурно-будівельних завдань з використанням теоретичних положень і методичних рекомендацій по вибору конструктивних рішень зовнішніх стін будівлі з дослідженням тенденцій збереження ресурсів у будівельній галузі.

Об'єктом дослідження є технології, що дозволяють забезпечити ресурсозбереження захисних конструкцій, які враховують усі аспекти вирішень багатогранної проблеми формування комфортного і економічного місця існування людини.

Предмет дослідження є чинники, тенденції, сучасні технологічні і конструкційні рішення, що забезпечують підвищення збереження ресурсів при виробництві та експлуатації захисних конструкцій.

Для досягнення поставленої в процесі дослідження мети вирішені **наступні завдання:**

1. Аналіз умов і сучасні проблеми збереження енергетичних ресурсів у будівельному комплексі України;
2. Обґрунтувати необхідність підвищення енерго-, ресурсоефективності будівель;
3. Виконати дослідження існуючих методик розрахунку ефективності впровадження ресурсозбереження по критерію оптимальності;
4. Визначити технологічні та організаційні показники ефективності запропонованих варіантів.
5. Розрахувати ваговитість показників ефективності на основі втрат величин цих показників;

6. Виконати аналіз сучасних заходів з термореновації будівель та методів оцінки їхньої ефективності.

Методи дослідження: системно - структурний аналіз, виробничі спостереження, порівняльний аналіз, техніко-економічне обґрунтування.

Наукова новизна: полягає в обґрунтуванні необхідності застосування ресурсозберігаючих конструктивних рішень захисних конструкцій. В результаті досліджень дана оцінка ресурсозбереження в будівництві. Вирішено завдання за визначенням ваговитості показників ефективності на основі витрат величин цих показників. Дана оцінка методики оптимізації теплового захисту захисних конструкцій.

Практична цінність: полягає в оцінці недостатнього рівня використання ресурсозберігаючих захисних конструкцій, і методик розрахунку ефективності впровадження цих конструкцій в Україні. Результати вивчення енерго-, ресурсозбереження дозволяють проявити потенціал проведення робіт у напрямі визначення ефективності оптимізації теплового захисту захисних конструкцій і визначити шляхи вибору найбільш оптимальних варіантів конструкцій будівель, на підставі їх техніко-економічних показників.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення роботи докладалися в 2020 році на науковій конференції XXV Науково-технічна конференція аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ, (Запоріжжя, 2020р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, виводів, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 95 сторінок тексту, у тому числі 18 рисунків, 7 таблиць. Список використаних джерел містить 47 найменувань/

1 АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ РЕСУРСІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

1.1 Проблема ресурсозбереження на стадії виробництва будівельних конструкцій

Проблема економії енергоресурсів виникла в другій половині нашого століття. Закономірним наслідком промислової революції у світі є прискорене збільшення споживання викопних енергетичних ресурсів за умов їх обмеженості, що обумовлює невідворотне зростання ціни на них. Через постійне зростання попиту та цін на енергоресурси все більш актуальним стає впровадження енергоефективних інноваційних технологій, що є шляхом не тільки забезпечення ефективного функціонування та розвитку підприємства, а й вирішенням проблем енергетичної безпеки країни і зміни клімату в усьому світі. Традиційно найбільшого використання зазнають невідновлювальні викопні енергетичні ресурси (природний газ, нафта і вугілля), що складають до 60 % енергетичного балансу України. У цей час, через підвищення цін на викопні ресурси, розробку та впровадження новітніх енергоефективних технологій та наявність світових екологічних трендів, споживання інших ресурсів енергії поступово зростає.

Сьогодні як ніколи встає питання про економію енергоресурсів і раціональне їх використання в усіх сферах людського життя.

У вітчизняній промисловості одним зі значних споживачів палива і енергії є будівництво. Майже у будь-якому виробництві є реальні резерви економії енергії. Якщо виявити ці резерви і раціональніше організувати технологічні процеси, то споживання енергії можна скоротити принаймні в 1,5 разу. Це дасть народному господарству країни величезний економічний ефект [31-35].

Бетон, маючи багато чудових якостей, в той же час відноситься до дуже енергоємних матеріалів. Якщо врахувати, що річна потреба в енергоресурсах промисловості збірного залізобетону складає приблизно 12 млн. т. умовного палива, то стає ясно, що навіть невеликий відсоток його економії вивільнить велику кількість палива для інших цілей народного господарства. Потреба в енергоресурсах для виробництва 1 куб. м збірних залізобетонних виробів не враховує витрати енергії, необхідної для виробництва складових бетону (цементу, заповнювачів) і арматури, що відрізняються ще більшою енергоємністю.

Розглядаючи проблему раціонального витрачання енергії при виробництві збірного залізобетону з позицій народного господарства, необхідно враховувати витрати енергії, що витрачається на виробництво цементу і арматури. Це найбільш дорогі, дефіцитні і енергоємні матеріали, і грамотне їх використання, що виключає перевитрату палива, приведе до економії енергоресурсів.

Економія цементу - це одна з найгостріших проблем сучасного вітчизняного будівництва. Існують реальні шляхи зменшення споживання цементу будівельниками.

Найбільша перевитрата цементу спостерігається у бетонах, приготованих на неякісних заповнювачах. Так, використання піщано-гравійних сумішей спричиняє за собою збільшення витрати цементу до 100 кг/куб. м. Це робиться тільки для того, щоб отримати бетонну суміш необхідної пластичності і забезпечити потрібну марку бетону по міцності. Довговічність же його (зокрема, морозостійкість), як правило, низька, і бетонні конструкції при змінному заморожуванні і відтаванні руйнуються досить швидко. Приготування бетону на чистих і фракційних заповнювачах вимагає найменшої кількості цементу і забезпечує високу якість конструкцій.

Значної економії цементу можна досягти шляхом правильного проектування складу бетону, не завищуючи його марку, для того, щоб бетон якнайскоріше досяг необхідної міцності. Можна також суттєво скоротити

витрату цементу завдяки введенню у бетонну суміш високоефективні пластифікуючі добавки (суперпластифікатори). Промисловість почала їх випускати спеціально для виготовлення бетонів. До таких добавок відноситься С-3. Завдяки розріджуючій дії добавки С-3 стає можливим зменшити витрату цементу на 20% без погіршення основних фізико-механічних характеристик бетону. Якщо врахувати, що при введенні добавки скорочення витрати цементу на кожен кубометр збірних виробів в середньому складе 50-60 кг, то завдяки цьому витрата палива значно зменшиться.

На заводах і полігонах мають місце помітні втрати цементу при вантаженні і розвантаженні. Виникають відходи бетонної суміші із-за неточного її дозування при формуванні виробів, а також відходи бетону при виготовленні бракованих виробів, які вивозять на звалище. Таким чином, підвищення культури виробництва збірних залізобетонних виробів може внести істотний вклад в справу економії цементу, а отже, і енергоресурсів.

Аналіз витрат енергоресурсів на виробництво збірних залізобетонних виробів, виконаних на основі обстеження безлічі заводів, показав, що коливання за витратами енергії великі. При середній по країні витраті енергії 470 тис. ккал/куб. м залізобетону є багато підприємств, де цей показник не виходить за межі 300 тис. ккал[31-33, 35].

Згідно з розрахунками на нагрів 1 куб. м бетону в сталевій формі до 80 градусів (температура ізотермічної витримки) потрібно приблизно 60 тис. ккал. Оскільки нагрів відбувається поступово - зі швидкістю не більше 20 градусів в годину, то цей процес неминуче супроводжується значним виділенням тепла в довкілля. При справному устаткуванні, необхідному для термообробки виробів, ці втрати досягають 150 тис. ккал, що в 2-2,5раза більше корисно витраченого тепла. При несправному або недбало експлуатованому устаткуванні, а також при невиправдано завищеній тривалості термообробки до втрат обов'язкових (планованих) додаються втрати непродуктивні. Вони коливаються в дуже широких межах і на деяких

заводах досягають майже 200 тис. ккал на куб. м бетону. Таким чином, сумарні тепловтрати у декілька разів перевищують кількість тепла, витраченого на нагрів бетону з формою.

Скоротити тепловтрати при термообробці виробів можна не допускаючи несправності в роботі устаткування.

Пропарювальні ямні камери дуже часто працюють з несправними кришками не діють або погано діють водяні затвори, внаслідок чого спостерігається перекіс кришок, це призводить до великих втрат пари. У цеху для працюючих створюються несприятливі гігієнічні умови, висока вологість сприяє швидкому кородированню металевих конструкцій, устаткування. Уникнути великих втрат тепла можна шляхом своєчасного ремонту і профілактичного огляду камер.

Дослідження вітчизняних науковців, показали, що сумарні втрати тепла в ямних камерах в процесі обробки виробів доходять до 70% від загальної витрати тепла на термообробку виробів. Причина такого положення - облаштування стінок і днища камер з важкого бетону, що відрізняється високою теплопровідністю. Положення це можна виправити тільки вдосконаленням конструктивного рішення камер.

Одне з таких рішень полягає в заміні важкого бетону керамзитобетоном. В цьому випадку можна понизити тепловтрати приблизно на 50%. Якщо обгороджування ямних камер робити з такого бетону, але з внутрішніми пароізоляцією і теплоізоляцією, то тепловтрати можна понизити в 3 рази. Аналогічного ефекту можна добитися при облаштуванні стін камер з важкого бетону з декількома повітряними прошарками.

На серйозну увагу заслуговує стендова технологія виготовлення збірних залізобетонних плоских плит. За цією технологією у вигляді пакету виготовляється відразу декілька виробів, розділених тонкими прокладеннями із сталевих листів або пластика з вмонтованими в нього електронагрівачами. Розташовані між виробами електронагрівачі практично усе тепло віддають в

обидві сторони, тобто виробам, так що тепловтрати в довкілля відбуваються тільки через торці, поверхня яких невелика.

Застосування пакетного методу виготовлення і термообробки плоских залізобетонних виробів зробило великий вплив на організацію усього технологічного процесу виробництва збірного залізобетону. Замість звичайних форм почали використати форми з силовими бортами і плоским дном, які значно менш металоємні. Змінилися і багато технологічних операцій. Усе це сприяло збільшенню продукції на тих же виробничих площах в 1,5-2 рази, зменшенню металоємності устаткування на 30-35%, підвищенню продуктивності праці на 10-15%. Але головне з'явилася можливість різко понизити енергоспоживання на теплову обробку виробів. Є усі підстави вважати, що пакетний спосіб термообробки збірних залізобетонних виробів належним чином буде оцінений виробничниками і отримає широке застосування на заводах ЗБВ.

Нині розроблений цілий ряд методів електротермообробці бетону при виготовленні збірних залізобетонних виробів на заводах. Одним з найбільш економічних (з точки зору витрат енергії) способів електротермообробці бетону є спосіб електропрогрівання або електродного прогрівання, тобто включення бетону в електричний ланцюг як би в якості провідника. При цьому електрична енергія перетворюється на теплову безпосередньо в самому бетоні, що зводить до мінімуму всякого роду втрати. Залежно від потужності електричного струму можна нагрівати бетон до температури 100 градусів, причому за будь-який проміжок часу - від декількох хвилин до декількох годин. Таким чином, з'явилися широкі можливості вибирати оптимальні режими термообробки виробів і завдяки цьому забезпечити високу продуктивність технологічних ліній.

Останніми роками за кордоном широко рекламується метод попереднього розігрівання бетонних сумішей безпосередньо в змішувачах за допомогою пари: в змішувач завантажуються заповнювачі і цемент і в процесі їх перемішування подається пара. Нагріваючи бетонну суміш, пара

оохолоджується і конденсується. Кількість пару який попадає розраховується так, щоб після його повної конденсації водоцементне співвідношення бетону відповідало проектному. У змішувачі бетонна суміш нагрівається до температури не більше 60 градусів, після чого подається до місця формування виробів.

1.2 Економія енергетичних ресурсів на стадії експлуатації будівель і споруд

Питання ощадливого використання та зниження споживання енергетичних ресурсів наскрізне охоплюють політику і законодавство ЄС. При цьому особлива увага у підвищенні енергетичного потенціалу держав за рахунок зменшення енергетичних витрат приділяється будівельній галузі у зв'язку з її високою ресурсо- і енергоємністю на всіх етапах життєвого циклу об'єктів будування: добування сировини і виробництва будівельних матеріалів, будівництва, експлуатації будівель і споруд, їх обслуговування і демонтажу по завершенню терміну служби.

Життєвий цикл будівель і споруд (рис. 1.1) витрачає 40% енергії і викидає 36% парникових газів (CO₂) із загального обсягу в ЄС. Майже дві третини енергоресурсів витрачається на житлові будівлі і одна третина - на нежитлові будівлі та споруди. При цьому дві третини енергії, яка споживається будівлею, витрачаються на забезпечення роботи систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, тобто пов'язані з експлуатаційними витратами. Таким чином, енергоефективність у цьому секторі є критично важливою для виконання стратегічної довгострокової задачі зі зменшення до 2050 року викидів парникових газів на 80-95% від рівня 1990 року [18.29].

За розрахунками ЄК, обсяги споживання енергії будівлями та спорудами в разі впровадження економічно ефективних заходів можуть бути знижені на 30%, в зв'язку з чим ЄК та урядами держав-членів ЄС визначено

пріоритетність політики підвищення енергетичної ефективності в будівельному секторі.



Рисунок 1.1 – Життєвий цикл продукції

Європейські бюджетні організації щорічно витрачають приблизно 1,8 трлн євро, що становить близько 14% валового внутрішнього продукту ЄС. Публічні закупівлі мають суттєвий вплив на розвиток ринків. Використовуючи свою купівельну спроможність для вибору товарів, робіт і послуг з високим показником енерго- та ресурсоефективності і меншим впливом на довкілля у рамках процедур публічних закупівель, замовники мають можливість суттєво припинити на споживання та виробництво, у тому числі щодо зниження споживання енергетичних ресурсів у будівельній галузі.

Проектування оболонки будівель і споруд, що захищає, повинне здійснюватися при виконанні наступних оптимізаційних умов:

- забезпечення мінімуму тепловтрат при оптимальних витратах на теплоізоляцією кожного з основних елементів оболонки;
- забезпечення мінімуму тепловтрат за рахунок оптимізації рівнів теплоізоляції безпосередньо елементів між собою;
- забезпечення мінімуму тепловтрат за вимогами теплового комфорту і гігієни.

На рис. 1.2 представлена залежність приведених витрат, що визначають співвідношення між вартістю енергії при експлуатації будівлі і початковою вартістю створення захисної конструкції, від якої залежать значення опору теплопередачі основних елементів захисної оболонки будівлі, - стін ($R_{0ст}$), вікон ($R_{0в}$) і покриття ($R_{0п}$). Залежність отримана при фіксованих з умов теплового комфорту і гігієни значень опору теплопередачі покриттів і умов забезпечення значень питомих тепловтрат будівлею не більше 80-100 МДж/($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$). При аналізі представленої залежності необхідно чітко розуміти, що ця залежність є економічна характеристика будівлі. Вартість енергії, величина витрат якої при експлуатації будівлі безпосередньо залежить від теплотехнічних показників оболонки (опору теплопередачі основних захисних елементів), розраховується в грошових одиницях. У свою чергу, забезпечення нижчих або вищих значень теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій залежить від початкових витрат, тобто теж визначається грошовими витратами.

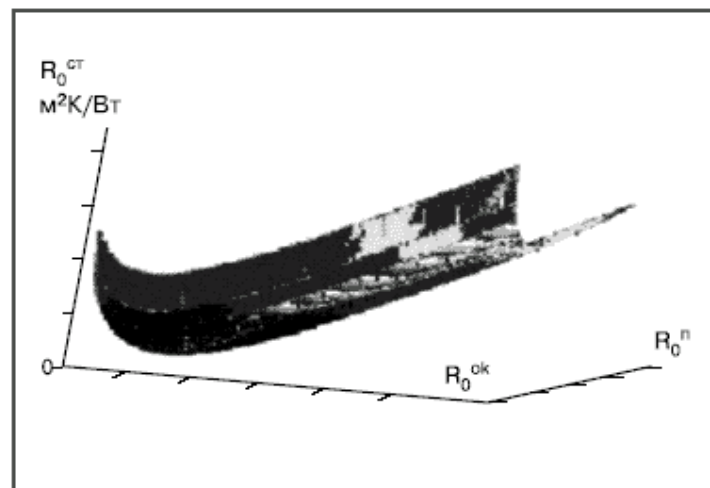


Рисунок 1.2 - Залежно вкладання інвестицій від опору теплопередачі стін і вікон при фіксованому опорі теплопередачі перекриттів і заданому рівні допустимих тепловтрат.

Як видно з приведенного графіку, існує чітко обкреслена зона оптимальних значень рівнів опору теплопередачі стінних (непрозорих)

конструкцій і віконних (світлопрозорих конструкцій). Залежність отримана при існуючій в Україні вартості теплової енергії для житлово-комунального сектора.

Аналізуючи данні показують, що зі збільшенням вартості енергії оптимум значень опору теплопередачі збільшується. При цьому існуючий нормативний рівень опору теплопередачі віконних конструкцій.

Також необхідно враховувати глобальні економічні і політичні тенденції - ріст вартості енергії, глобальне зниження запасу енергоресурсів, інтеграцію України в європейську і світову спільноту з незмінним вирівнюванням цін на енергоносії. Крім того, при проектуванні будівлі слід керуватися довговічністю елементів оболонки, що захищає, що задається. Так світлопрозорі елементи повинні мати довговічність близько 20 років, отже, при визначенні оптимуму фізичних показників повинні братися до уваги не сьогоднішні деформовані ціни на енергоносії, а перспективні оцінки цих цін за увесь період експлуатації проектного об'єкту. Тому в основу вибору оптимального значення опору теплопередачі віконних конструкцій закладаються прогнозовані ціни на вартість теплової енергії.

Вплив збільшення опору теплопередачі основних елементів захисної оболонки, на сумарні тепловтрати будівлі приведені на рис.1.3. Як випливає з цих даних, отриманих для типової дев'ятиповерхової житлової будівлі, експлуатованої в 1 температурній зоні України, ефект зниження питомих тепловтрат від збільшення опору теплопередачі вікон удвічі вищий, ніж ефект від підвищення опору теплопередачі стін і в 5 разів вище, ніж при підвищенні опору теплопередачі покриття.

Таким чином, оптимальне за показниками «початкові витрати - експлуатаційні тепловтрати» значення опору теплопередачі віконних конструкцій для проєктованих будівель і будинків, що підлягають реконструкції і капітальним ремонтам, складає $0,6 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

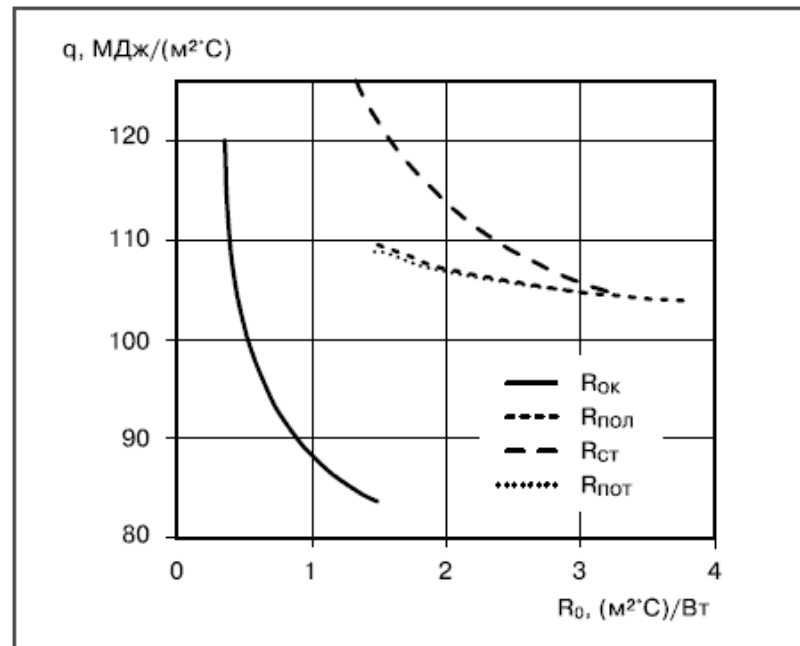


Рисунок 1.3 - Вплив зміни опору теплопередачі R_0 , ($m^2 \cdot C$)/Вт, елементів захисної оболонки будівлі, на питомі теплові втрати R_v , $R_{покp}$, $R_{стін}$, $R_{під}$ - опір теплопередачі відповідно вікна, покриттів (горищних покриттів), стін, підвалу.

Розглянемо питання впливу теплоізоляційних характеристик віконних конструкцій на формування теплового режиму приміщень і залежність параметрів теплового комфорту від опору теплопередачі вікон.

Під терміном «тепловий комфорт» слід розуміти такий стан людини, коли він не випробовує ні перегрівання, ні переохолодження. У термодинамічному відношенні людина є теплопроизводящей системою, яка завжди повинна віддавати енергію, що виробляється, докiллю. При недостатній тепловіддачі людина відчуває перегрівання з подальшим підвищенням температури спочатку поверхні, а потім і глибинних тканин, при підвищеній тепловіддачі - переохолодження з відповідним зниженням температур.

Тепловий комфорт в приміщенні забезпечується при виконанні рівняння теплового балансу:

$$Q - Gcg(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) - (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \times \frac{F}{R_{\text{опр}}} = 0 \quad (1.1)$$

де Q - теплопритоки від системи опалювання приміщення, Дж,

G - повітрообмін приміщення, м³/ч,

c - теплоємність повітря, Дж/(кгК),

g - щільність повітря, кг/м³,

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{н}}$ - температура внутрішнього і зовнішнього повітря, °С (К), F , $R_{\text{опр}}$

- площа і приведений опір теплопередачі захисних конструкцій приміщення.

У рівнянні теплового балансу (1.1) усі характеристики залежать один від одного. При зниженні потужності системи тепlopостачання приміщення, величини Q , або збільшенні кількості інфільтруючого або зовнішнього повітря G , що спеціально подається в приміщення, знижується температура внутрішнього повітря $t_{\text{в}}$. Температурний діапазон, при якому людина може нормально функціонувати, дуже вузький, при виході з цього діапазону центральна нервова система організму працює з перевантаженнями, що може привести до непрацездатного стану або відмови у вигляді хвороб. Тому рівень теплового комфорту в приміщеннях визначає, зрештою, здоров'я нації в цілому, що є вже завданням державного рівня. Зниження величини G , як видно з рівняння (1.1), призводить до підвищення $t_{\text{в}}$. Проте і тут є протиріччя: енергозбереження вимагає максимального зниження G , а вимоги гігієністів - до збільшення G , тому оптимізація цієї характеристики є спільним завданням фахівців з гігієни і теплозахисту будівель.

Температура повітря $t_{\text{в}}$ визначає умови (інтенсивність) конвективної тепловіддачі від людини в докiлля. Променистий теплообмін між людиною і докiллям визначається так званою радіаційною температурою приміщення t_{R} . У загальному вигляді радіаційна температура приміщення представляється формулою:

$$t_{\text{R}} = S \times f_i \times t_i / S \times f_i \quad (1.2)$$

де S – сума;

f_i — коефіцієнт опроміненості з поверхні тіла людини на i -у поверхню приміщення з температурою t_i .

Для спрощення розрахунків зазвичай приймають

$$t_R = S \times F_i \times t_i / S \times F_i \quad (1.3)$$

де S - сума,

F_i - площа i -ї поверхні конструкцій, що захищають приміщення.

Рівняння теплового балансу променистого теплообміну між людиною, що знаходиться в приміщенні, і захисними конструкціями приміщення, має вигляд:

$$Q_n = S \times F_i \times f_i \times c_i \times b_i(t - t_R) \quad (1.4)$$

де S - сума,

c_i - приведений коефіцієнт випромінювання системи чоловік-поверх огороження,

b_i - температурний коефіцієнт, що враховує не лінійність променистого теплообміну.

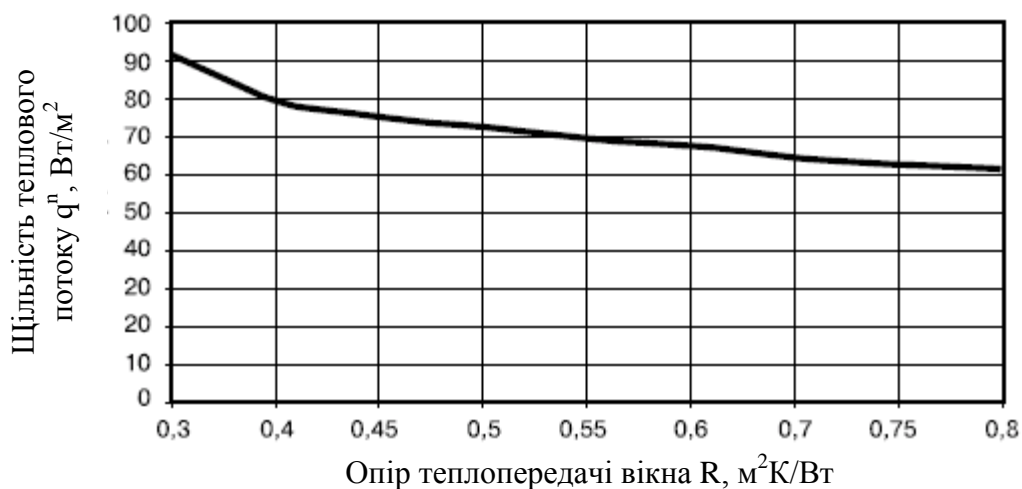


Рисунок 1.4 - Залежність тепловтрат від опору теплопередачі конструкцій на прикладі вікна

На рис. 1.4 представлений вплив теплових характеристик конструкцій з мінімальними характеристиками теплоізоляції на теплові відчуття людини.

Тепловий комфорт забезпечується за умови, що інтенсивність тепловіддачі від людини до холодних поверхонь шляхом променистого теплообміну складає менше 70 Вт/м^2 . Як видно з приведенного графіку, ця умова виконується при значеннях опору теплопередачі вікон $0,58\text{-}0,6 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

Отже, характеристики оптимального рівня теплоізоляції вікон, отримані при аналізі економічних чинників, співпадають зі значеннями опору теплопередачі за умовами забезпечення теплового комфорту приміщень житлових будівель.

Характеристика теплового режиму приміщень тільки значенням t_v є недостатній. Тепловий режим характеризується так званою температурою приміщення, t_p , яка визначається величинами t_v і t_R по формулі:

$$t_R = 1.57 t_p - 0,57 t_v \quad (1.5)$$

Підвищення величини t_R забезпечує нормальну комфортну температуру приміщення при незмінній температурі повітря t_v і, відповідно, незмінній значенні тепlopостачання Q . На рис.1.5 представлені дані, що визначають залежність між температурою теплоносія в системі опалювання і температурою приміщення при різних варіантах підвищення теплозахисних показників зовнішніх конструкцій, що захищають.

Нормальний для людини температурний діапазон приміщення, як це витікає з рис. 1.5, може забезпечуватися і при існуючих навантаженнях і, відповідно, температурах теплоносія в системах опалювання житлових будівель. Проте для цього необхідно підвищувати рівень теплозахисту конструкцій, що захищають. Причому тепла ефективність підвищення теплозахисту вікон і глухих стін практично еквівалентна.

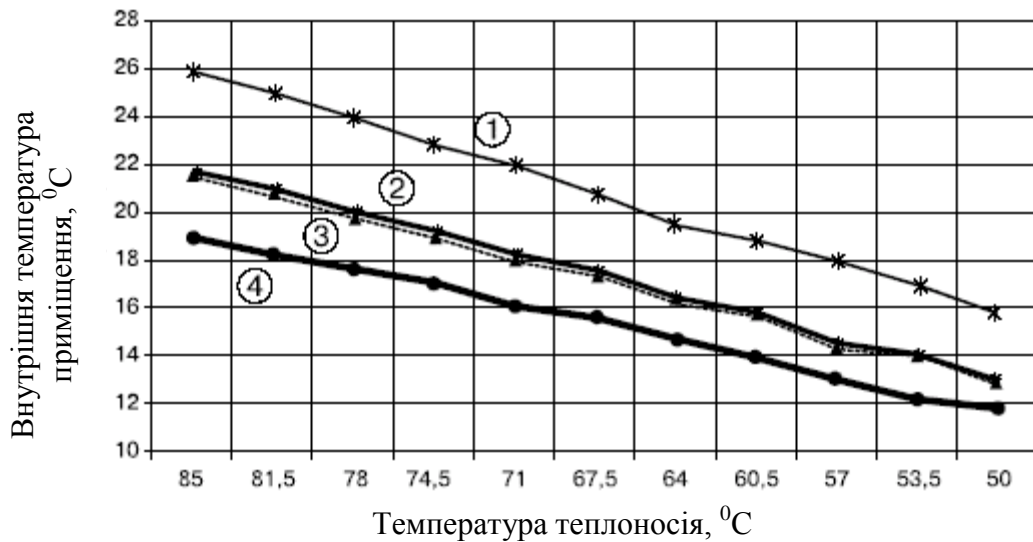


Рисунок 1.5 - Залежність температури приміщення від температури теплоносія при різних варіантах утеплення захисних конструкцій.

- 1 - утеплення усіх захисних конструкцій, 2 - утеплення стін,
 3 - підвищення теплоізоляції вікон, 4 - закриття балконів
 світлопрозорими конструкціями

При цьому для підтримки температури приміщення, що забезпечує відповідність умовам комфортності в приміщеннях при температурі теплоносія в стандартних приладах опалювання на рівні 60-80°C, опір теплопередачі вікон має бути на рівні 0,6 м² °C/Вт, опір теплопередачі глухих ділянок стін і покриттів має бути не менше 2,8-3,0 м² °C/Вт. При вказаних характеристиках опору теплопередачі виконуються і вимоги по допустимому температурному перепаду між температурою внутрішньої поверхні конструкції, що захищає, і температурою внутрішнього повітря, значення якого і визначають виконання умов комфортності. Для житлових і громадських будівель вимоги по температурному перепаду приведені в таблиці. 1.1.

Таблиця 1.1 - Допустимий температурний перепад, залежно від виду захисної конструкції, і призначення будівлі.

Призначення будівлі	Вид захисної конструкції		
	Зовнішні стіни	Перекриття і горищні перекриття	Перекриття над проїздами, підвалами і під підлогою
Житлові будівлі	4,0	3,0	2,0
Громадські будівлі	5,0	4,0	2,5

У колонці «Зовнішні стіни» вимоги вказані для приведеної характеристики температури внутрішньої поверхні з урахуванням стіни з встановленням вікон. Для глухих ділянок стін вимоги, приведені в таблиці 1.1, при вищезгаданих значеннях опору теплопередачі виконуються завжди. Обмеження по температурному перепаду потрібні для конструкцій зі світлопрозорими елементами. Сучасні будівлі проектуються з використанням значних по площі світлопрозорих елементів. При формальному виконанні умов по опору теплопередачі для елементів захисних конструкцій, зовнішні стіни можуть проектуватися зі значними коефіцієнтами скління, що призводить до проблемного, з точки зору комфортності, температурного режиму на внутрішній поверхні. На рис.1.6 приведена залежність температурного перепаду стіни від коефіцієнта скління при нормативних значеннях опору теплопередачі непрозорих і світлопрозорих ділянок стін для 1 температурної зони України [2,6].

При коефіцієнтах скління вище 0,75 температурний перепад перевищує допустиму характеристику, що вимагає або зниження коефіцієнта скління, або підвищення термічних характеристик заповнень світлових отворів.

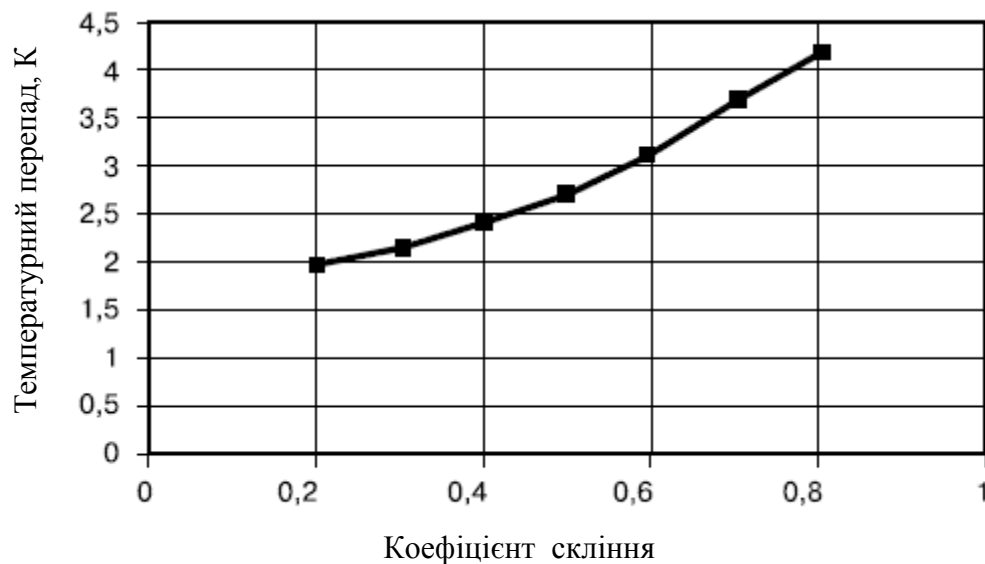


Рисунок. 1.6. Залежність температурного перепаду стіни з опором теплопередачі непрозорих ділянок $2,8 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ і світлопрозорих ділянок $0,6 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ від коефіцієнта скління

1.3 Аналіз конструктивних рішень теплової ізоляції у будівництві

Введення нових, жорсткіших нормативів по енергозбереженню викликало необхідність радикального перегляду принципів проектування і будівництва будівель, оскільки застосування традиційних для України будівельних матеріалів і технічних рішень не забезпечує потрібне по сучасних нормах термічного опору зовнішніх захисних конструкцій будівель.

З 1 січня 2008 року термічний опір збільшено до $2,8 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$, тобто збільшення теплоізоляції майже в 2,5 рази порівняно з 1993 роком. До проекту будівлі додається енергетичний паспорт, що підтверджує відповідність показників енергоефективності конструкцій будівель. Також буде введений п. 1.15 нового ДБН, який припускає, що всі теплоізоляційні матеріали, що використані в будівельних конструкціях, повинні мати термін експлуатації не менше 25 років, тому кожен виробник буде зобов'язаний підтвердити відповідність своїй продукції цим вимогам. Україна підняла

енергетичний стандарт будинків до рівня середньо енергоощадного - 80...100 кВт·год/м²·рік. До 1996 року в країні продовжувалось будівництво високо енергоємних будинків - 250...300 кВт·год/м²·рік, з 1996 по 2006 роки енергоємність складала 150...200 кВт·год/м²·рік. Для порівняння сучасні будинки в Німеччині мають показник енергоефективності 30...70 кВт·год/м²·рік, Польщі - 90...120 кВт·год/м²·рік, Швейцарії - 55...85 кВт·год/м²·рік.

Нові державні будівельні норми ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель. Конструкції будівель і споруд» [6], направлені на ефективне використання енергозбережних технологій в будівництві. Нові будівельні норми пред'являють вищі вимоги до мінімального допустимого значення опору теплопередачі захисних конструкцій і вимоги до утеплення будівель. В 2008 році в Україні створена Міжнародна громадська організація «Міжнародний Консультативний Форум» (МКФ), метою якої є розширення розвитку співпраці України з провідними профільними європейськими структурами та фахівцями з енергозбереження. МКФ має намір проводити активну діяльність за напрямками: технології енергозбереження; альтернативні джерела енергії, такі як сонце, вітер, біомаса, гідроенергія, геотермальне тепло та інші; енергетичний аудит будівель і споруд.

У новому будівництві все більшого поширення набувають тришарові конструкції стін, в яких передбачено використання ефективних утеплювачів в якості середнього шару між несучою стіною, або самонесучою, і захисно-декоративним облицюванням.

Раціональним і ефективним способом підвищення теплозахисту експлуатованих будівель являється додаткове зовнішнє утеплення їх захисні конструкцій.

При новому будівництві використовується як зовнішнє утеплення, так і застосування ефективних утеплювачів в якості середнього шару в тришарових конструкціях, що захищають, з цеглини і бетону.

Існуючі варіанти утеплення будівель відрізняються як конструктивними рішеннями, так і використовуваними в конструкціях матеріалами.

Необхідний рівень теплозахисту зовнішніх огороджувальних конструкцій будівлі визначається вимогами ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», залежно від тривалості опалювального періоду для кожного регіону[15-18].

У сучасній практиці найбільше застосування отримали наступні типи конструктивних рішень по утепленню будівель:

- тришарові стіни з утеплювачем в якості середнього шару і зовнішнім облицюванням з цеглини. Розрізняють конструкції з вентиляльованим проміжком і без нього;
- зовнішнє утеплення будівель з штукатурним покриттям;
- зовнішнє утеплення стін з вентиляльованим проміжком і полегшеним захисно-декоративним облицювальними виробами типу «Сайдинг», «Rannila», «Етерніт» та інші.

Фізико-технічні властивості використовуваних теплоізоляційних матеріалів роблять визначальний вплив на теплотехнічну ефективність і експлуатаційну надійність конструкцій, трудомісткість монтажу, можливість ремонту в процесі експлуатації і значною мірою визначають порівняльну техніко-економічну ефективність різних варіантів утеплення будівель.

1.3.1 Технічні вимоги до ефективних утеплювачів для захисних конструкцій будівель

Теплоізоляційні матеріали в конструкціях утеплення будівель повинні відповідати вимогам пожежної безпеки об'єктів будівництва по ДБН В.1.1-7:2016, мати гігієнічні сертифікати, не виділяти токсичні речовини в процесі експлуатації і при горінні.

На довговічність і стабільність теплофізичних і фізико-механічних властивостей теплоізоляційних матеріалів в конструкціях утеплення будівель впливає багато хто експлуатаційні фактори, включаючи:

- знакозмінний режим температурної вологості теплоізоляційних конструкцій;
- можливість капілярного і дифузійного зволоження теплоізолюючого матеріалу в конструкції;
- дія вітрових навантажень;
- механічні навантаження від власної ваги в конструкціях стін і навантаження при переміщенні людей в конструкціях дахів і перекриттів.

З урахуванням вказаних чинників теплоізоляційні матеріали для утеплення будівель повинні відповідати наступним основним вимогам:

- теплоізоляційний матеріал повинен забезпечувати необхідний опір теплопередачі при можливо мінімальній товщині конструкції, що досягається застосуванням матеріалів з розрахунковим коефіцієнтом теплопровідності 0,04-0,06 Вт/(м К);
- паропроникнення матеріалу повинна мати значення, що виключає можливість накопичення вологи в конструкції в процесі її експлуатації;
- щільність теплоізоляційних матеріалів для утеплення будівель обмежується допустимими навантаженнями на несучі конструкції і допустимими значеннями $\rho \in 200-250 \text{ кг/м}^3$;
- межа міцності при 10% - ної деформації в конструкціях утеплення дахів і перекриттів не менше 20 кПа;
- морозостійкість;
- гідрофобність і водостійкість;
- біостійкість і відсутність токсичних виділень при експлуатації.

Мінеральні утеплювачі (рис.1.7) бувають двох видів: з скловолокна і кам'яної вати. Основна їх відмінність у вихідній сировині. У першому випадку це кварцовий пісок, вапняк і сода, тобто ті ж складові, що й у

харчовому склі, у другому - камені базальтових порід, розплавлені на волокна при високій температурі. Теплоізоляція на основі скловолокна володіє рядом переваг. Одне з головних - довговічність та пожежобезпечність (вона повністю негорюча). Так, плити ISOVER зберігають свої властивості більше 50 років. Деякі гідності матеріалу залежать виключно від технології виробництва. Плити ISOVER характеризує підвищена пружність: вони щільно прилягають до каркаса, стін і один до одного. Це важливо, адже зазори при нещільному приляганні можуть перетворитися на містки холоду, через які буде йти велика тепловитрата навіть при використанні ефективного ізолюючого матеріалу. Недолік волокнистих утеплювачів-більш високе водопоглинання, але ми досить ефективно з цим боремося.

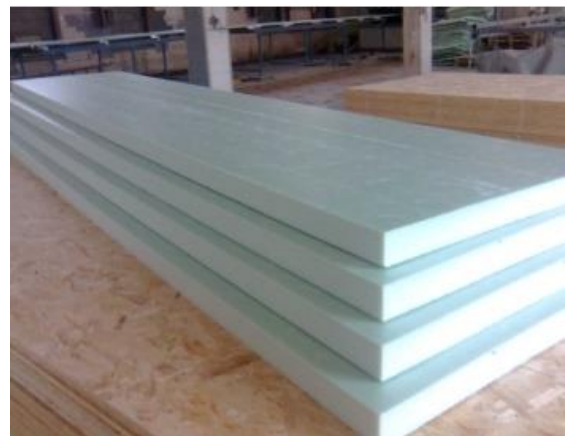
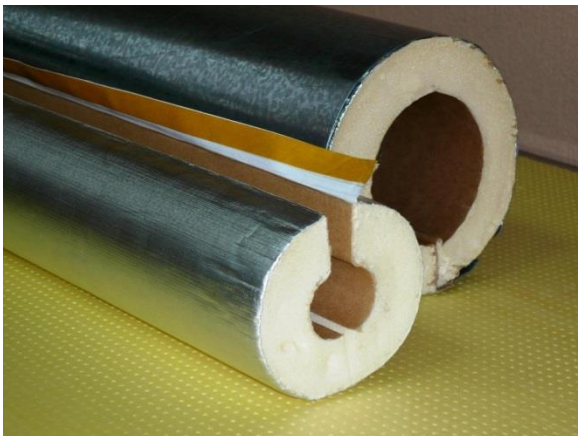


Рисунок 1.7 - Мінеральні утеплювачі

Для теплоізоляційних матеріалів із скляного і мінерального волокна, вживаних в зовнішніх захисних конструкціях будівель, особливо важливим є показник водостійкості. Враховуючи можливість періодичного зволоження теплоізоляційних матеріалів в конструкції, показник водостійкості значною мірою визначає їх довговічність [34,36].

Водостійкість скляних волокон істотно залежить від хімічного складу і діаметру волокна. Збільшення змісту лужних оксидів і зменшення діаметру волокна призводить до зниження водостійкості матеріалу.

Враховуючи відносно невисоку водостійкість скляних волокон лужного складу, при розробці конструкцій з використанням теплоізоляційних матеріалів із скловолокна виходить передбачити технічні рішення, що обмежують деструктивну дію вологи на матеріал в процесі експлуатації. До таких рішень відносяться гідрофобізація матеріалів в процесі виробництва і застосування конструктивних рішень, що запобігають або обмежують можливість конденсації вологи в конструкції.

За рахунок гідрофобізації волокнистих матеріалів знижується їх зволоження, тобто зменшується поверхня взаємодії волокон з краплинною вологою, що призводить до підвищення водостійкості і, відповідно, довговічності матеріалу.

Запобігання конденсації пари води в конструкції досягається конструктивними рішеннями, а саме відповідним розташуванням шарів матеріалів з різним паропроникненням і введенням при необхідності додаткових парових бар'єрів, що запобігають або обмежують конденсацію.

Для забезпечення довготривалої стабільності властивостей теплоізоляційні матеріали із скловолокна і мінеральної вати, вживані в зовнішніх конструкціях будівель, що захищають, гідрофобізуються в процесі виробництва.

У практиці будівництва застосовується широка номенклатура теплоізоляційних виробів із скловолокна, мінеральної вати, пінопластів, що мають різне призначення і відрізняються технічними характеристиками.

Перевагою мінераловатних матеріалів у будівельних конструкціях є їх негорючість.

Теплоізоляційні матеріали із скловолокна належать до категорії НГ або Г1 по ДСТУ Б В.2.7-19-95 залежно від їх цільності і кількості еднань. Теплоізоляційні вироби із скловолокна мають хороші деформативні характеристики і відрізняються вібростійкістю.

Підвищена пружність дозволяє транспортувати мати із скловолокна у вигляді ролонів. У розгорнутому виді вони повертаються практично до початкової товщини.

Теплоізоляційні пінопласт відносяться до палих або важкогорючим матеріалів (групи Г1-Г4) по ДСТУ Б В.2.7-19-95, що обмежує сферу їх застосування і вимагає ухвалення спеціальних технічних рішень, пожежебезпеки будівель.

У таблиці 1.2 наводиться орієнтовна класифікація за призначенням представлених на вітчизняному ринку волокнистих теплоізоляційних матеріалів для використання в конструкціях будівель, що захищають, розроблена на основі аналізу фізико-технічних властивостей і експлуатаційних характеристик матеріалів з урахуванням рекомендацій виробників і специфіки умов експлуатації.

Таблиця 1.2 - Класифікація за призначенням представлених на вітчизняному ринку волокнистих теплоізоляційних матеріалів для використання в захисних конструкціях будівель

Матеріал	Марка	Нормативний документ або фірма - виробник
Матеріали для конструкцій з теплоізоляцією в якості середнього шару і з облицюванням цеглиною		
Плити теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному єднальному	П75 П125	ГОСТ 9573-96 ТУ 5762-010-04001485-96
Плити із скляного волокна «URSA»	П-30, П-35, П-45, П-60, П-75, П-85	«Флайдерер-Чудово» ТУ 5763-002-00287697-97
Плити теплоізоляційні з мінеральної вати	«Кавити Баттс»	ЗАТ «Мінеральна Вата» ТУ 5762-009-45757203-99
Плити з мінеральної вати «Isomat»	«Нобасил LF», «Нобасил LFK - NGR» «Нобасил М»	Фірма «Isomat» . (Словаччина)
Вироби із скляного волокна «Isover»	Плити RKL, RKL - А, OL - Е, OL - А	Ізовер-Альстрем (Фінляндія)
Матеріали для конструкцій зовнішньої теплоізоляції стін з вентильованим проміжком		

продовження таблиці 1.2

Плити теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному єднальному	П125, П175	ГОСТ 9573-96 ТУ 5762-010-04001485-96
Плити теплоізоляційні з мінеральної вати	«Венти Баттс»	ЗАТ «Мінеральна Вата» ТУ 5762-003-45757203-99
Вироби з мінеральної вати «Rockwool»	Плити «Венти Баттс»	«Rockwool» (Данія)
Вироби із скляного волокна «URSA»	Мати М-25, плити П20, П-30, П-35, П-45, П-60, П-75	«Флайдерер-Чудово» ТУ 5763-002-00287697-97
Вироби із скляного волокна «Isover»	Плити RKL, RKL - А, OL - К	Ізовер-Альстрем (Фінляндія)
Вироби з мінеральної вати «Рагос»	Плити TL, AKL, RAL - 1.RAL - 4	«Partec» (Фінляндія)
Матеріали для зовнішнього утеплення стін з штукатурним покриттям		
Плити теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному єднальному	П175, П225	ГОСТ 9573-96, ТУ 5762-010-04001485-96
Плити пінополістирольні	Марка 35-50	ГОСТ 15588-86
Вироби із скляного волокна «URSA»	Плити П-85	«Флайдерер-Чудово» ТУ 5763-002-00287697-97
Плити з мінеральної вати	«Фасад Баттс»	ЗАТ «Мінеральна Вата» ТУ 5762-002-45757203-99
Плити з мінеральної вати «Rockwool»	«Фасад Баттс»	«Rockwool» (Данія)
Плити із скляного волокна «Isover»	OL - К, OL - А, OL - Е	«Isover» (Фінляндія)
Плити з мінеральної вати	НОБАСИЛ-ТЕ, Нобасил-TFL	«Isomat» (Словаччина)
Вироби з мінеральної вати «Рагос»	Плити RAL4	«Partec» (Фінляндія)
Матеріали для конструкцій утеплення поєданого даху, горищного перекриття на прохідному і напівпрохідному горищі		
Плити теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному єднальному	П175, П225 П175.П200	ГОСТ 9573-96 ТУ 5762-010-04001485-96
Плити мінераловатні підвищеної жорсткості на синтетичному єднальному	ППЖ-200	ГОСТ 22950-95
Плити мінераловатні гофрованої структури	П175-ГС, П200-ГС	ТУ 5762-001-05299710-94

продовження таблиці 1.2

Плити теплоізоляційні з мінеральної вати	«Руф Баттс»	ЗАТ «Мінеральна Вата» ТУ 5762-005-45757203-99
Плити з мінеральної вати «Rockwool»	«Хардрок»	«Rockwool» (Данія)
Вироби з мінеральної вати «Рагос»	TKL	«Partec» (Фінляндія)
Плити з мінеральної вати	«Нобасил JPS»	«Isomat» (Словаччина)
Плити із скляного волокна «Isover»	OL - KA, OL - LA, OL - K	«Isover» (Фінляндія)

Фізико-технічні характеристики вказаних матеріалів відповідають державним стандартам, технічним умовам або рекламним проспектам.

Запобігання конденсації пари води в конструкції досягається конструктивними рішеннями, а саме відповідальним розташуванням шарів матеріалів з різною паропроникненістю і введенням при необхідності додаткових парових бар'єрів, що знижують дифузійний потік вологи і запобігаючи або обмежуючі конденсацію.

При виборі марки утеплювача для конкретної конструкції слід враховувати, що гідрофобізовні матеріали мають більшу щільності характеризуються більш високою довговічністю (тобто терміном експлуатації без руйнування) при одночасно більш високій вартості, обумовленій підвищеними витратами при виробництві. Тому при проектуванні керуються як ціновими показниками матеріалів, так і розрахунковим терміном служби будівлі.

Значення теплотехнічних характеристик будівельних, у тому числі теплоізоляційних, матеріалів в конструкціях під впливом експлуатаційних чинників змінюються в часі і можуть суттєво відрізнятися від значень, що отримуються при лабораторних випробуваннях і вказаних в технічних умовах.

Тому при проектуванні використовують розрахункові значення коефіцієнта теплопровідності матеріалів, зміна цього показника, що враховують, при зволоженні в конструкції в експлуатаційних умовах.

Значення розрахункового коефіцієнта теплопровідності волокнистих теплоізоляційних матеріалів, включених в ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія, для умов експлуатації А перевищує його значення в сухому стані в 1,1-1,15 разу, а для умов експлуатації б - в 1,2-1,25 разу.

Слід зазначити, що використання цього методу для випробування вологих теплоізоляційних матеріалів являється некоректним, оскільки при вимірах виникають значні похибки, обумовлені протіканням нестационарних процесів фазових перетворень і волопереноса у випробовуваних зразках.

Крім того, для матеріалів щільністю менше 50 кг/м^3 різниця між теплопровідністю в сухому і зволоженому стані при розрахунковому масовому відношенні вологи в умовах експлуатації А і Б - відповідно до 2 і 5 % - часто не перевищує погрішність вимірів по ДСТУ Б В.2.7-105-2000 «Матеріали і вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі», що становить 4 %, що також унеможлиблює застосування цього методу для вологих теплоізоляційних матеріалів.

У зарубіжній практиці значення цього показника приймається методом експертної оцінки для груп матеріалів, близьких за структурними і фізичними характеристиками. Так, наприклад, в Німеччині для волокнистих теплоізоляційних матеріалів розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності набуває з урахуванням його збільшення на 2% при збільшенні вологості по мас-се на 1%. Аналогічний підхід, що враховує умови застосування, прийнятий і в Данії, що є найбільшим виробником мінераловатних теплоізоляційних матеріалів.

Представляється доцільним у вітчизняній практиці при визначенні розрахункових коефіцієнтів теплопровідності теплоізоляційних матеріалів ввести аналогічний підхід, що виключить необхідність проведення великої кількості непотрібних випробувань і підвищить достовірність рекомендованих для використання при проектуванні.

Експлуатаційні властивості волокнистих теплоізоляційних матеріалів залежать від складу використовуваного різними виробниками початкової сировини і технологічного устаткування і змінюються в досить широкому діапазоні.

Теплоізоляційні матеріали в конструкціях утеплення будівель повинні відповідати вимогам пожежної безпеки по ДБН В.1.1-7:2016, мати гігієнічні сертифікати, не виділяють токсичні речовини в процесі експлуатації і при горінні. Горючість теплоізоляційних виробів з мінерального і скляного волокна визначається змістом органічного зв'язуючого. Мінераловатні вироби на синтетичному єднальному з вмістом органічних речовин менше 4 % відносяться до групи НГ (негорючих), а при більшому вмісті органічних речовин - до групи Г1 (слабо горючих) або Г 2 (помірно горючих) при випробуваннях по ДСТУ Б В.2.7-19-95 «Будівельні матеріали. Випробування на міцність».

Теплоізоляційні вироби з мінерального і скляного волокна на синтетичному єднальному відносяться до груп матеріалів, що не поширюють полум'я, з малим димоутворенням здатністю і мало небезпечних по токсичності по ДБН В.1.1-7:2016. Вироби з мінерального і скляного волокна володіють якісними звукопоглинальними і звукоізолюючими властивостями, що дає можливість їх застосування в конструкціях підвісних стель, перекриттях, полі і перегородках будівель різного призначення.

Довговічність теплоізоляційних матеріалів у будівельних конструкціях, окрім властивостей самих матеріалів, залежить від зволоження теплоізоляційного матеріалу в конструкції, дії вітрових навантажень, механічних навантажень від власної ваги в конструкціях стін і навантажень при переміщенні людей в конструкціях дахів і перекриттів. Очевидно, що до загальних факторів які впливають додаються додаткові, обумовлені специфікою роботи матеріалу в конструкції.

Залежно від призначення виробу з волокнистих теплоізоляційні матеріалів випускаються гідрофобізованими (Г) і можуть бути обклеєні з

одного боку крафт-бумагою (Б), скло-холстом (С) або фольгою (Ф). Так, наприклад, фірма «Флайдерер-Чудово» для обклеювання теплоізоляційних матів і плит з фірмовою маркою «URSA» використовує:

- полотно скловолокнисте по ТУ 5952-003-04001485-96 марки ХСК-90;
- крафт-папір або фольгу з основою з крафт-бумаги виробництва фірми «ROTHEL» (Німеччина).

Вироби із скловолокна марки «URSA» мають хороші звукопоглинальні і звукоізолюючі властивості, що дає можливість їх застосування в конструкціях підвісних стель, перекриттях, полі і перегородках будівель різного призначення[42-47].

У зовнішніх будівельних конструкціях, що захищають, допускається застосування тільки гідрофобізованими теплоізоляційних виробів.

Реалізація нової для України концепції будівництва з використанням ефективних утеплювачів повинна здійснюватися на основі детального аналізу як властивостей рекомендованих до використання матеріалів, включаючи їх довговічність і експлуатаційну надійність, так і вживаних конструктивних рішень з урахуванням експлуатаційних особливостей конструкцій, що протікають в них фізичних і хімічних процесів і вимог екологічної і пожежної безпеки.

1.3.2 Будівельні конструкції із застосуванням ефективних утеплювачів

У сучасній практиці найбільше застосування отримали наступні типи конструктивних рішень по утепленню будівель[38,42-47] :

- тришарові стіни з утеплювачем в якості середнього шару і зовнішнім облицюванням з цеглини. Розрізняють конструкції з вентилявані проміжком і без нього;
- зовнішнє утеплення будівель з штукатурним покриттям;

– зовнішнє утеплення стін з вентиляваним проміжком і облеженою захисно-декоративним облицюванням виробами типу «Сайдинг», «Rannila», «Етерніт» та інші.

З урахуванням нових вимог до теплозахисту будівель і тривалості опалювального періоду додаткове утеплення використовуються в наступних видах конструкцій, що захищають:

– цегляні стіни завтовшки 250 і 380 мм із зовнішньою захисною декоративною стінкою з цегли завтовшки 120 мм (нове будівництво);

– стіни з легкобетонних панелей або блоків завтовшки 250 і 380 мм із захисно-декоративною стінкою з керамічної цегли (нове будівництво і реконструкція);

– цегляні стіни завтовшки 510 і 640 мм із зовнішньою захисною декоративною стінкою з цегли завтовшки 120 мм (реконструкція);

– зовнішнє утеплення стін з цегли, легкобетонних панелей і блоків з штукатурним покриттям;

– конструкції зовнішнього утеплення з вентиляваним проміжком і захисно-декоративним екраном для цегляних стін завтовшки 250 і 380 мм (нове будівництво і реконструкція);

– конструкції зовнішнього утеплення з вентиляваним проміжком і захисно-декоративним екраном для стін з легкобетонних панелей і блоків завтовшки 250 і 380 мм;

– конструкції зовнішнього утеплення з вентиляваним проміжком і захисно-декоративним екраном для цегляних стін завтовшки 510 і 640 мм (реконструкція);

– утеплення стін з бруса завтовшки 150 мм з облицюванням цегли з вентиляваним проміжком і без вентиляваного проміжку;

– утеплення стін з бруса завтовшки 150 мм з облицюванням вагонкою або захисно-декоративним екраном з вентиляваним проміжком;

- конструкції утеплення горищних приміщень і мансард з скатними дахами;
- конструкції утеплення перекриттів для горищ, неопалювальних підвалів і наскрізних проїздів.

Застосування утеплювачів в якості середнього шару в тришарових конструкціях стін із зовнішнім облицюванням з цегли. Конструкції утеплених стін, в яких передбачено застосування утеплювача в якості середнього шару між стіною з цеглою, несучого або самонесучого бетону і захисно-декоративним облицюванням з цегли, застосовуються як при новому будівництві, так і при реконструкції експлуатованих будівель (рис. 1.8).

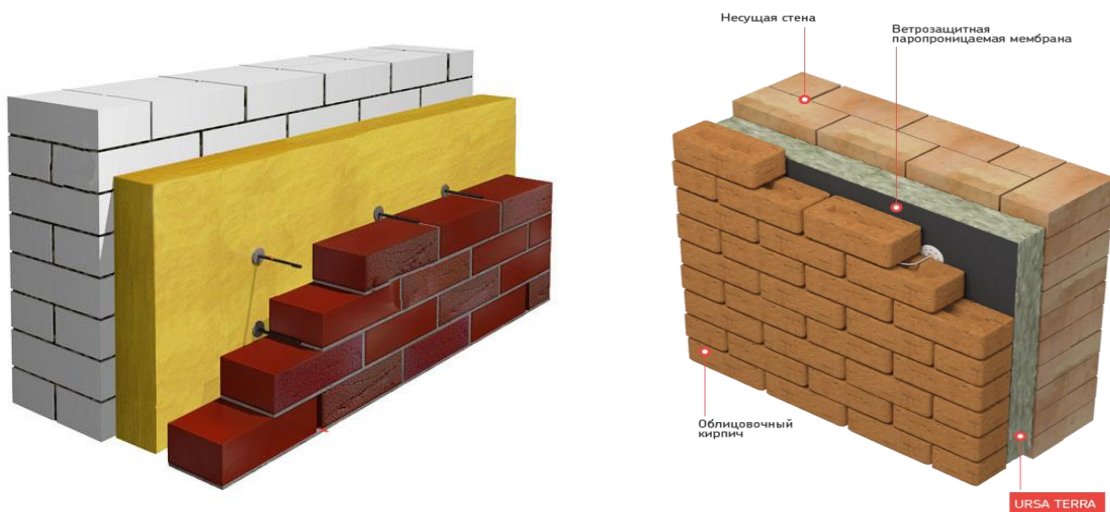


Рисунок 1.8 - Застосування утеплювачів в якості середнього шару в тришарових конструкціях стін із зовнішнім облицюванням з цегли

Ці конструкції виконуються або у вигляді колодязною кладки, або з використанням гнучких зв'язків з корозійностійкої сталі або склопластикової арматури.

Для забезпечення необхідного режиму вологості в конструкції може бути передбачений вентиляований проміжок між зовнішньою поверхнею утеплювача і цегляним облицюванням.

В якості зовнішнього облицювання можуть застосовуватися цегла, камені керамічні лицьові по ДСТУ Б.В.2.7-61:2000, зовнішнім облицюванням цеглою враховуються вимоги ДБН В.2.6-162:2010 «Кам'яні та армокам'яні конструкції». При новому будівництві облицювання з цегли армується зварною арматурною сіткою, а при реконструкції закріплюється на стіні, що утепляється, за допомогою анкерів, дюбелів розпорів або пристрілювальних дюбель-цвяхів по ДСТУ Б Д.1.1-1:2013.

Конструкції утеплення з облицюванням цеглиною допускається застосовувати у будівлях усіх мір вогнестійкості по ДБН В.1.1-7:2016. «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва», у тому числі із застосуванням утеплювачів, що відносяться до групи Г1 по ДСТУ Б В.2.7-19-95 «Будівельні матеріали. Методи випробувань на горючість».

У тришарових конструкціях з вентиляованим проміжком рекомендується застосовувати теплоізоляційні плити, обклеєні з одного боку склохолстом. Склохолст в цих конструкціях виконує функції вітрозахисту.

У конструкціях з вентиляованим проміжком при використанні плит, не обклеєних склохолстом, по зовнішній поверхні теплоізоляції передбачають вітрозахисні покриття, наприклад паропроникнену мембрану «JUTAVEK» (фірма «JUTA») або покриття Tyvek (фірма «Du Pont Engineering Products S.A».).

Проведені розрахунки режиму вологості стін показують, що в даних варіантах конструкцій, окрім конструкцій з вентиляованим проміжком, спостерігається випадання конденсату в холодну пору року практично в усіх кліматичних зонах України. Проте кількість випадного конденсату різна і для більшості регіонів не відбувається його накопичення в конструкції при цілорічному циклі за рахунок висихання в теплу пору року. Необхідність в додатковій паро захист визначається перевірочним розрахунком міри

зволоження матеріалів в конструкції і відповідністю цього показника вимогам ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2016 «Будівельна кліматологія». Якщо розрахунком встановлена необхідність облаштування додаткової пароізоляції, то слід включити в конструкцію додатковий паровий бар'єр на межі між внутрішньою поверхнею утеплювача і зовнішньою поверхнею основної стіни. Необхідний додатковий опір паропроникнення визначається за методикою ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2016. В якості додаткового парового бар'єру можуть бути використані:

- листові і пароізоляційні матеріали по дифузійні плівки «Ютафол-Д»;
- теплоізоляційні вироби з покриттям з крафт-бумаги. При цьому в розрахунку режиму вологості конструкції враховується опір паропроникнення покриття.

Конструктивне рішення додаткового парового бар'єру визначається технологією зведення або реконструкції стін.

У тришарових конструкціях з цегляною зовнішнім облицюванням теплоізоляційні плити встановлюються вільно у вертикальному положенні в просторі між основною стіною і облицювальним шаром цегли.

У таких конструкціях в якості розвантажувальних (опорних) елементів для утеплювача можуть служити гнучкі зв'язки і кріплення, передбачені для облицювання відповідно до проекту.

При облаштуванні вентилязованого проміжку слід передбачати дистанційні елементи, що забезпечують вентиляований простір між облицювальним шаром і утеплювачем.

Конструкції зовнішнього утеплення будівель. До переваг систем зовнішнього утеплення будівель слід віднести наступні чинники:

- зовнішнє утеплення захищає конструкції (стіни, покриття, перекриття над неопалюваними підвалами і таке інше), що захищають, від дій змінних температур зовнішнього повітря, завдяки чому покращується їх режим температурної вологості, виключається поява тріщин, зростає довговічність;

- при експлуатації точка роси переміщається в зовнішній теплоізоляційний шар, що покращує режим вологості внутрішніх частин конструкцій, що захищають;

- забезпечується сприятливий режим роботи захисних конструкцій, за умовами паропроникнення (розташування шарів в порядку зростаючої щільності, усувається паровий бар'єр);

- формується сприятливіший мікроклімат приміщення за рахунок підвищення температури внутрішніх поверхонь стін, стелі і підлоги над підвалом і зменшення перепаду температур внутрішнього повітря і поверхні стіни;

- при зовнішньому утепленні стін не зменшується площа приміщення;

- при реконструкції досягається можливість поліпшення оформлення фасадів і проведення будівельних робіт без відселення мешканців.

При зовнішній теплоізоляції будівель зростає теплоакумуюча здатність стіни, що утепляється. Так, при зовнішній теплоізоляції цегляних стін при відключенні опалювання вони остигають значно повільніше, ніж при внутрішній ізоляції такої ж товщини, що особливо актуально при пічному опалюванні індивідуальних будинків.

Зовнішнє утеплення будівель при реконструкції і капітальному ремонті повинне проводитися з урахуванням результатів обстеження технічного стану фасаду, що утепляється, з оцінкою його міцності, наявності тріщин, вологості і тому подібне, оскільки ці показники є визначальними при виборі конструкції кріплення, її експлуатаційної надійності і довговічності.

Нині в Україні фірмами «ТЕХ-COLOR», «DAMMSYSTEM HECK», «ФАСАД-ТЕХНОЛОГІЯ» та інші використовують різні варіанти системи зовнішнього утеплення з обштукатурюванням фасадів, що відрізняються як конструктивними особливостями, так і вживаними матеріалами.

Теплоізоляційні плити «ФАСАД-БАТТС» наклеюються на заздалегідь очищену суху поверхню стіни, що утепляється, за допомогою будівельного клею Baunit.

Після висихання клею (24 години) на зовнішню поверхню утеплювача наноситься вирівнюючий шар з ґрунтовки розчину, що армується відразу після нанесення сіткою із скловолокна.

По першому армованому шару встановлюються пластмасові дюбелі із сталевим стержнем. Необхідна кількість дюбелів визначається поверховістю будівлі і складає 6-8 шт/м² для будівель заввишки до 8 м і 10-12 шт/м² для будівель підвищеної поверховості.

Після установки дюбелів наноситься другий шар розчину, дюбелів, що покриває капелюшки, який також армується скло сіткою. Далі послідовно наносяться ґрунтовка, декоративна штукатурка і захисне забарвлення.

Окрім вказаних елементів в конструкції передбачені елементи обробки цоколю, кутів будівлі і фасонних ділянок.

Для армування штукатурного покриття використовують сітки із скляних або синтетичних волокон або металевої сітки з антикоррозійним покриттям.

Плити утеплювача встановлюються зі зміщенням швів по горизонталі, зубчастою перев'язкою в кутах будівлі, обрамленим віконних отворів з вирізами «за місцем».

Теплоізоляційні плити в конструкції зовнішнього утеплення з штукатурним покриттям встановлюються не більше ніж в два шари.

У конструкціях з штукатурним покриттям рекомендується захисно-декоративне покриття цоколя виконувати з матеріалів підвищеної міцності (цегла, керамічні плити та інше).

Відповідно до існуючих вимог в штукатурному покритті передбачають вертикальні і горизонтальні деформаційні шви, що заповнюються нетверднучими герметиками або з установкою водовідбійної стрічки.

При зовнішньому утепленні плити утеплювача закріплюються на основі, що несе, за допомогою розпорів металевих, пластмасових або комбінованих дюбелів.

Допускається комбінованою кріплення - клейове і механічне - для плит щільністю більше 60 кг/м^3 . При цьому клей рекомендується наносити смугами або точкове щоб уникнути створення суцільного парового бар'єру (шар клею).

Після висихання клею (24 години) на зовнішню поверхню утеплювача наноситься вирівнюючий шар з ґрунтовки розчину, що армується відразу після нанесення сіткою із скловолокна.

По першому армованому шару встановлюються пластмасові дюбелі із сталевим стержнем. Необхідна кількість дюбелів визначається поверховістю будівлі і складає 6-8 шт/м² для будівель заввишки до 8 м і 10-12 шт/м² для будівель підвищеної поверховості.

Необхідна кількість дюбелів на одиницю поверхні визначається розрахунком по відомих методиках з урахуванням технічного стану поверхні стіни, що утепляється, і міцних характеристик вживаних дюбелів. Відстань між дюбелями в горизонтальній площині має бути не більше 70-80 см, у вертикальній - не більше 20-30 см.

У конструкціях використовуються дюбель-анкер як імпортних виробників («Hilti», «Fischer», «Hardo» та інші), так і відчизняних, номенклатура і технічні характеристики яких наводяться в каталогах спеціалізованих дистриб'юторських компаній.

Розрахунки, виконані для цегляних стін завтовшки 250,380, 510 і 640 мм і стін з легкого бетону завтовшки 250 і 380 мм з штукатурним покриттям з розчину (пісок, вапно, цемент) з характеристиками паропроникнення і теплопровідності по ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», показали, що в конструкції при певному поєднанні властивостей вживаних матеріалів і зовнішніх та внутрішніх умов експлуатації може відбуватися конденсація вологи на межі утеплювача і зовнішнього штукатурного покриття, проте кількість конденсату, що утворюється, висихає в теплий пора року для більшості регіон України.

При використанні штукатурних покриттів з відмінними від вказаних властивостями (по паропроникненню і теплопровідності) слід проводити перевірочний розрахунок можливості конденсації і накопичення вологи в конструкції.

Конструкції зовнішнього утеплення з вентиляльованим проміжком. Система зовнішнього утеплення з вентиляльованим проміжком і захисно-декоративним покриттям з листових або штучних матеріалів (металевий і вініловий сайдинг, профільовані металеві покриття «ранила», плити «етерніт», керамічне покриття «інтерстоун», стеклофібробетонні плити та інші) застосовується при реконструкції і новому будівництві (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 - Система зовнішнього утеплення з вентиляльованим проміжком

Захисний екран з листових або штучних матеріалів оберігає утеплювач від механічних ушкоджень, атмосферних опадів, дії вітру і сонячної радіації. Покращує зовнішній вид і полегшує виконання робіт при ремонті теплової ізоляції конструкцій, що захищають.

Вентилюваний проміжок запобігає накопиченню вологи в конструкції, що сприяє як підвищенню її теплозахисних властивостей, так і довговічності, покращується температуро - вологістний режим приміщень.

Конструкція ізоляції із застосуванням захисного екрану дозволяє вести будівельні і ремонтні роботи цілорічно. При цьому підвищується міра індустріалізації будівельно-монтажних робіт по утепленню будівель і знижуються трудовитрати при будівництві і ремонті.

Утеплювач і захисно-декоративне покриття кріпляться з використанням спеціальних систем кріплення і кріпильних елементів. Системи кріплення відрізняються великою різноманітністю і розробляються стосовно конкретного виду покриття.

При ізоляції дачних будиночків, а також в сільському будівництві для кріплення ізоляції і облицювання разом з дюбелями і анкерами можуть використовуватися цвяхи з плоским капелюшком великого діаметру або звичайні, але з шайбами з підручного матеріалу.

У конструкціях з вентиляльованим проміжком по теплоізоляційному шару необхідно встановлювати вітрозахист. Можливе застосування склотканина, склосітка або пергаменту (у дачному і малоповерховому будівництві).

Усі металеві елементи кріплення мають бути захищені антикорозійними покриттями або виконані з корозійностійкої сталі.

У конструкціях з вентиляльованим проміжком і захисно-декоративним покриттям з штучних або листових пальних і важкогорючих матеріалів слід передбачати розтини з негорючих матеріалів.

Фасадні захисно-декоративні покриття на висоті до 2,5 м від землі мають бути досить міцними або захищеними від можливих механічних ушкоджень.

Аналіз результатів проведених розрахунків вологості режиму різних варіантів утеплених стін (цегляні, керамзитобетонні, дерев'яні) показує, що в конструкціях з вентиляльованим проміжком і проникним захисно-декоративним покриттям не потрібно облаштування додаткового паро захисного шару для усіх кліматичних зон України.

2 ЗАХИСНІ КОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

2.1 Порівняльний аналіз найбільш відомих захисних конструкцій

На початку ХХ століття для зовнішніх стін, в основному, застосовувало цегляну кладку завтовшки 51 см або пізніше, з приходом індустріалізації, керамзитобетонні одношарові панелі завтовшки 30-40 см. і теплозахисних властивостей цих конструкцій на перший погляд вистачало. Працювали системи опалювання. У когось було у будівлі тепліше, десь прохолодніше, але в цілому жили більш менш нормально. Проте, населенню і в голову не приходило, а які ж справжні витрати на опалювання, адже усі платили 4 копійки за кіловат/годину. Усе основне навантаження по оплаті енергопостачання, і опалювання, і електрики, лежала на державі. У західних країнах такої ситуації спочатку бути не могло. У капіталістичній країні усе оплачує власник. І ось, коли грянула арабо-ізраїльська криза в 70-х роках, і ціна на нафту сильно підскочила, в Європі відразу відмовилися від, так званих, витратних конструкцій, тобто тих, які забезпечують недостатню теплоізоляцію будинку. Тоді на його опалювання, тобто підтримка комфортної температури в приміщеннях, потрібно великі енерговитрати, а це означає і великі матеріальні вкладення. Краще побудувати по дорожчє, затє впродовж багатьох років експлуатації платити поменше [34-36,38,39,41,].

. Інша економічна ситуація в країні, інші економічні стосунки в останнє десятиліття ХХ століття. Ось і знадобилися нові норми на теплоізоляцію конструкцій, що захищали, щоб власник істотно понизив свої витрати на оплату опалювання. Нові норми передбачають збільшення теплозахисних властивостей конструкцій, що захищають, в 3 рази. А це означає, що внутрішня поверхня зовнішніх стін буде значно тепліша, і різниця в температурі цієї поверхні і повітря в кімнаті не перевищуватиме 4 °С. В

Європі норма 3 °С. А це у свою чергу означає, що ми зможемо ставити ліжка біля зовнішніх стін. Проектувальники зможуть розміщувати санітарні прилади на зовнішніх стінах, що було категорично заборонено старими нормами, по яких перепад складав 6 °С. Це благотворно позначиться на різноманітності планувальних рішень. І градуси, ніби, невеликі, на перший погляд. Але для досягнення цього ефекту необхідно істотно збільшити теплоізоляційні якості зовнішніх стін, як вказувалося вище.

У багатоповерховому будівництві міст і селищ ця норма доки не досягається, оскільки уся індустріальна база панельного житлового будівництва, дуже розвинена в країні, не може, на жаль, швидко перейти на нові конструктивні рішення. У малоповерховому будівництві з'явилося багато конструкцій з використанням новітніх ефективних матеріалів. Проте думка, що існує серед замовників, частіше схиляється до тих, які включають хоч би зовнішній цегляний шар. Північна і середня Європа давно відмовилися від використання цеглини як неефективного з даних позицій матеріалу. Та і зовнішній вигляд будинку зовсім необов'язково має бути цегляним «замком». Архітекторами напрацьована величезна кількість проектів з використанням інших матеріалів. Та і конструктивні рішення з використанням цеглини або блоків не відповідають повною мірою вимогам ДБН, ДСТУ і вартість їх досить висока.

Звичайно, йдеться тільки про капітальне будівництво будь-яких будівель, які передбачається використати круглий рік. Якщо у вас дача і ви приїжджаєте туди тільки влітку, то підходи до будівництва можуть бути абсолютно іншими. Будинок може бути дуже легким, наприклад, щитовим, у кращому разі із засипкою, брусом або зробленим з колод, а якщо кам'яним, - те із стіною в 1-1,5 цегли або 1 блок.

Проте, зимовим може бути і дерев'яний будинок. Проте, при дотриманні усіх сучасних вимог, його доведеться дуже серйозно утепляти. Скандинави, у яких дерев'яне будівництво широко розвинене, перейшли на використання, так званого, «подвійного» зрубу. Це означає, - що один зруб

знаходиться усередині іншого, а між ними ефективний утеплювач, той же пінополістирол або пінопласт.

Для того, щоб розібратися в достоїнствах і недоліках найбільш поширених конструктивних рішень зовнішніх стін з точки зору їх тепло ізолюючої здатності і пов'язаною безпосередньо з цим вартістю, проведемо порівняльний аналіз цих конструкцій.

Таблиця 2.1 - Порівняльний аналіз огорожувальних конструкцій

№ п/п	Відповідність ДБН, ДСТУ	Матеріал та товщина стіни	Вартість 1м ² зовнішньої стіни, дол.	Вартість зовнішніх стін (2-х поверхового будинку), дол
1	Ні	Цегляна стіна, 51см	50	15000
2	Так	Цегляна стіна, 25см	190	57000
3	Так	Керамзитобетонні блоки, 120 см	93	58000
4	Так	Пінобетонні блоки з облицюванням цеглою	67	20000
5	Так	Цегла + ППС + цегла	50	15500
6	Так	Залізобетон + ППС + цегла	45	13500
7	Так	Брус + мін. вата + цегла	40	12500
8	Так	Залізобетон по металевому каркасу +ППС+ залізобетон	40	12500
9	Так	Вагонка, сайдинг або інший плитний матеріал по дерев'яному каркасу + ППС	18-37	5500-11500
10	Так	Суцільне дерево	57	17500
11	Так	Дерев'яний брус + мін. вата + дерев'яний брус	40	12500

Уведеній вище таблиці представлені одинадцять конструкцій зовнішніх стін з найбільш поширених матеріалів, причому, першою приведена традиційна стіна з повнотілої цегли завтовшки 510 мм. Ця конструкція сьогодні абсолютно не задовольняє теплотехнічним вимогам. Вона дає теплоізоляцію в 3 рази менше за нормативну. Проте, це саме широко вживане рішення і воно послужить нам еталоном для порівняння.

Десять інших конструкцій, представлених в таблиці, відповідають нормативній теплоізоляції. Що ж ми бачимо? Щоб досягти нормативних показників, товщина одношарових конструкцій зростає до величезних розмірів і відповідно дуже дороги. Наприклад, товщина цегляної стіни збільшується до 2-х з гаком метра, блокових до 1-1,2 м. Навіть стіни з суцільного дерева вимагають товщини в 540 мм, що саме по собі важко досягти. Навряд чи хто збереться використати ці конструкції у такому вигляді. Зате багатошарові стіни з прошарком ефективного утеплювача : і цегляні, і дерев'яні, і бетонні, і навіть легкі з сайдингу або вигонки по дерев'яному каркасу - відразу багаторазово виграють. Уся товщина цих конструкцій має невелику величину і тому вартісні показники, приведені в таблиці на 1 м² площі стіни, говорять самі за себе. Вони суттєво нижчі.

У багатошарових конструкціях сьогодні краще всього застосовувати сучасні ефективні утеплювачі, наприклад, пінополістирол і різні види мінеральної вати. У кам'яних конструкціях переважний ППС. Він екологічний, за що любимо в європейських країнах і застосовується там вже 50 років. При його виробництві кульки, з яких він складається, заповнюються інертними газами і тому він не горить полум'ям, а тільки плавиться. Але його дуже люблять миші, у зв'язку з чим він має бути добре ізольований розчином від цих маленьких «ворогів народу». У дерев'яних конструкціях краще підійде мінеральна вата. Не забудьте прокласти між внутрішнім обв'язуванням і шаром мінеральної вати поліетиленову плівку. Вона обереже утеплювач від проникнення пари і освіти в утеплювачі конденсату і тим

самим виключить промерзання. На квадратний метр стіни вартість утеплювача складе 3-5\$ (84-140 грн.).

Яка ж буде економія на оплаті опалювання, якщо конструкції зовнішніх стін будинку виконані строго відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». Якщо ми порівняємо витрати в такому ж будинку, про який вже йшла мова, то замість 3000\$ оплата скоротиться до 2000\$. Деякі можуть сказати, що це не радикальна різниця. Можливо. Сьогодні в нашій країні це для когось дійсно так. Проте, у європейця, що живе в північній Європі, або у канадця економія складала б 3000-4000\$ оскільки енергія в Європі дорожче в 4 рази. Ну, а, оскільки, ми рухаємося у бік підвищення цін на енергоносії, то не за горами той час, коли подібна економія буде вагомою і для російського громадянина.

Норми розраховані на муніципальне будівництво, тобто температура внутрішнього повітря, яка закладається в них, складає всього 18°C, в усіх приміщеннях, і тільки в кутових кімнатах - 20°C. У індивідуальному будівництві кожен може закладати свою розрахункову температуру. Температура 18°C - то що називається «на любителя». В основному власникам хочеться мати 22-23°C. Це легко досягається із застосуванням ефективних багатошарових конструкцій. Також треба пам'ятати, що найбільші тепловтрати відбуваються через віконні отвори. І якщо ми збільшуємо їх площу вище однією восьмою від площі підлоги, як вимагає нормативні документи, і намагаємося створити скляні стіни, як в південних районах, то ніякі ефективні конструкції зовнішніх стін не допоможуть. Таке рішення протиприродне для нашого клімату. Або ж доведеться платити величезні гроші за опалювання. Таке рішення може бути присутнім в планувальному рішенні будинку, але таке приміщення має бути літнім і відділятися від власне теплої частини будинку ефективними тепло ізолюючими конструкціями.

2.2 Зовнішні стіни сучасних будівель і їх конструктивні особливості

Розглядаючи сучасні будівлі, тобто будівлі, які існують нині, слід їх розділяти на будівлі, спроектовані до і після 1994 р. Відправною точкою в зміні принципів конструктивного рішення зовнішніх стін у вітчизняних будівлях являється наказ Держбуду України № 247 від 27.12.1993 р., яким встановлювалися нові нормативи по теплоізоляції захисних конструкцій житлових і громадських будівель. Надалі наказом Держбуду України № 117 від 27.06.1996 р. були введені поправки в СНІП П-3-79 «Будівельна теплотехніка», в 2011 році був прийнято ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» який встановлює принципи проектування теплоізоляції нових житлових і громадських будівель, що реконструюються.

Після десяти років дії нових норм вже не виникають питання про їх доцільність. Роки практики показали, що був зроблений правильний вибір, який, в той же час, вимагає ретельного багатостороннього аналізу і подальшого свого розвитку.

У будівель, спроектованих до 1994 р. (на жаль, будівництво будівель по старих теплоізоляційних нормативах зустрічається і досі), зовнішні стіни виконують несучі та захисні функції. Причому несучі характеристики, забезпечувалися при досить незначній товщині конструкцій, а виконання захисних функцій, вимагало суттєвих матеріальних витрат. Тому здешевлення будівництва йшло по дорозі апріорі низькій енергоефективності в силу відомих причин для багатой енергоносіями країни. Ця закономірність відноситься в рівній мірі як до будівель з цегляними стінами, так і до будівель з великорозмірних бетонних панелей. У тепловому відношенні відмінності між цими будівлями полягали тільки в ступені термічної неоднорідності зовнішніх стін. Стіни з цегляної кладки можна розглядати як досить однорідні в термічному відношенні, що є перевагою, оскільки рівномірне температурне поле внутрішньої поверхні зовнішньої стіни - це один з показників теплового комфорту. Проте для забезпечення теплового

комфورتу необхідно, щоб абсолютне значення температури поверхні було досить високим. А для зовнішніх стін будівель, створених по нормативах до 1994 р., максимальною температурою внутрішньої поверхні зовнішньої стіни при розрахункових температурах внутрішнього і зовнішнього повітря могло бути тільки 12°C, що для умов теплового комфорту недостатньо.

Зовнішній вигляд стін з цегляної кладки також залишав бажати кращого. Це обумовлено тим, що вітчизняні технології виготовлення цегли (глиняного, керамічного) були далекі від досконалості. Дещо краще виглядали будівлі з силікатної цеглини. Останніми роками в нашій країні з'явилася цегла, виготовлена за усіма вимогами сучасних світових технологій. Це відноситься до Корчеватському цегляному заводу (Київська область), де випускають цеглу з прекрасним зовнішнім виглядом і відносно хорошими теплоізоляційними характеристиками. З таких виробів можна будувати будівлі, зовнішній вигляд яких не поступатиметься зарубіжним аналогам. Багатоповерхові будівлі в нашій країні в основному будувалися з бетонних панелей. Для цього типу стін характерна суттєва термічна неоднорідність. У одношарових керамзитобетонних панелях термічна неоднорідність обумовлена наявністю стикових з'єднань (рис 2.1). Причому на її міру, окрім конструктивної недосконалості, ще суттєво впливає так званий людський чинник - якість ущільнення і утеплення стикових з'єднань. А оскільки ця якість в умовах радянського будівництва була низькою, то і стики протікали і промерзали, підносячи жителям усі «принади» сирих стін. Крім того, повсюдне недотримання технології виготовлення керамзитобетону призводило до підвищеної щільності панелей і низької їх теплоізоляції.

Не набагато краще йшли справи і у будівлях з тришаровими панелями. Оскільки ребра жорсткості панелей обумовлювали термічну неоднорідність конструкції, проблема стикових з'єднань залишалася актуальною. Зовнішній вигляд бетонних стін був украй невибагливий (рис. 2.2) - кольорових бетонів у нас не було, а фарби були не надійні. Розуміючи ці проблеми, архітектори намагалися надати різноманітність будівлям за рахунок нанесення плитки на

зовнішню поверхню стін. З точки зору законів тепломасообміну і циклічних дій температурної вологості таке конструктивно-архітектурне рішення є абсолютним нонсенсом, що і підтверджується зовнішнім виглядом наших будинків. При проектуванні після 1994 р. визначальною стала енергоефективність споруди і його елементів. Тому переглянуті принципи проектування будівель і їх захисних конструкцій, що склалися. У основу забезпечення енергоефективності покладено суворе дотримання функціонального призначення кожного елементу конструкції. Це відноситься як до будівлі в цілому, так і до захисних конструкцій. До практики вітчизняного будівництва упевнено увійшли так звані каркасно-монолітні будівлі, де функції міцності виконує монолітний каркас, а зовнішні стіни несуть функції, що тільки захищають (тепло- і звукоізоляційні). В той же час збереглися і успішно розвиваються конструктивні принципи будівель із зовнішніми стінами, що несуть. Останні рішення цікаві ще і тим, що вони повністю застосовні для реконструкції тих будівель, які були розглянуті на початку статті і які всюди вимагають реконструкції.



Рисунок 2.1 - Будівля з одношарових керамзитобетонних панелей

Конструктивним принципом зовнішніх стін, які в однаковій мірі можуть застосовуватися для будівництва нових будівель і для реконструкції існуючих, є суцільне утеплення і утеплення з повітряним прошарком. Ефективність цих конструктивних рішень визначається оптимальним підбором теплофізичних характеристик багатошарової конструкції - стіни, що несе або самонесучі, утеплювача, фактурних шарів, зовнішнього обробного шару. Матеріал основної стіни може бути будь-яким і визначальні вимоги до нього - міцні і несуть.

Теплоізоляційні характеристики в цьому рішенні стіни повністю описуються теплопровідністю утеплювача, як який використовуються пінополістирол ПСБ-С, мінераловатні плити, пінобетон, керамічні матеріали. Пінополістирол - теплоізоляційний матеріал з низькою теплопровідністю, довговічний і технологічний при утепленні.



Рисунок. 2.2 - Будівля з тришарових стінних панелей

Його виробництво налагоджене на вітчизняних заводах (комбінати «Стироль» в Ірпені, заводи в Житомирі, Бучі). Основний недолік - матеріал горючий і по вітчизняних пожежниках нормам має обмежене застосування (для малоповерхових будівель, або ж за наявності значного захисту з

негорючого облицювання). При утепленні зовнішніх стін багатоповерхових будівель до ПСБ-С пред'являються ще і певні вимоги по міцності: щільність матеріалу має бути не менше 40 кг/м^3 .

Мінераловатні плити - теплоізоляційний матеріал з низькою теплопровідністю, довговічний, технологічний при утепленні, відповідає вимогам вітчизняних пожежних норм для зовнішніх стін будівель. У продажу є такі види мінеральної вати:

- 1) Скловата, що складається на 80% з розплавленого скла. При монтажі робітник обов'язково повинен бути одягнений в спеціальний одяг, рукавички, респіратор і окуляри. Така вата часто використовується для зовнішнього утеплення стін;
- 2) Шлакова вата. Виготовляється з доменного шлаку (відходів металургійного виробництва). Для утеплення стін будинку не рекомендується, так як відрізняється гігроскопічністю;
- 3) Кам'яна вата. При виробництві якої застосовуються розплави гірських порід. Відрізняється простим монтажем, пожежебезпечністю. Хороші характеристики має базальтова вата.

На ринку України, як і на ринках багатьох інших країн Європи, застосовуються мінераловатні плити концернів ROCKWOOL, PAROC, ISOVER та інші.



Рисунок 2.3 – Види мінераловатних плит

Характерною особливістю цих фірм є широка палітра вироблюваних виробів - від м'яких плит до жорстких. При цьому кожне найменування має строго адресне призначення - для утеплення покрівлі, усередині стін, фасадне утеплення і ін. Наприклад, для фасадного утеплення стін по даних конструктивних принципах фірма ROCKWOOL випускає плити «FASROCK», а фірма PAROC - плити L - 4. Характерною особливістю цих матеріалів є їх висока формостійкістю, що особливо важливо при утепленні з вентильованим повітряним прошарком, низька теплопровідність і гарантована якість виробів. По теплопровідності ці мінераловатні плити за рахунок своєї структури не гірші за пінополістирол. Адресне виготовлення плит обумовлює експлуатаційну надійність утеплення зовнішніх стін. Абсолютно не прийнятне застосування для даних конструктивних варіантів матів або м'яких мінераловатні плит. На жаль, у вітчизняній практиці зустрічаються рішення утеплення стін з вентильованим повітряним прошарком, коли в якості утеплювача використовують мінераловатні мати. Теплова надійність подібних виробів викликає серйозні побоювання, і факт досить широкого їх застосування може пояснюватися тільки відсутністю в Україні системи введення в експлуатацію нових конструктивних рішень. Важливим елементом в конструкції стін з фасадним утепленням являється зовнішній захисно-декоративний шар. Він не лише визначає архітектурне сприйняття будівлі, але і обумовлює стан вологості утеплювача, будучи одночасно захистом від атмосферних дій і для суцільного утеплення елементом видалення пароподібної вологи, що потрапляє в утеплювач під впливом сил тепло- масообміну. Тому особливе значення придбаває оптимальний підбір: утеплювач - захисно-обробний шар[28,34,39].

Вибір захисно-обробних шарів визначається передусім економічними можливостями. Фасадне утеплення з вентильованим повітряним прошарком в 2-3 рази дорожче, ніж суцільне утеплення, що визначається вже не енергоефективністю, оскільки шар утеплювача в обох варіантах один і той же, а вартістю захисно-обробного шару. При цьому в загальній вартості

системи утеплення ціна безпосередньо утеплювача може складати (особливо для вищезгаданих некоректних варіантів застосування дешевих не плиткових матеріалів) усього 5-10%. Розглядаючи фасадне утеплення, не можна не зупинитися на утепленні приміщень зсередини. Така вже властивість нашого народу, що в усіх практичних починах, не дивлячись на об'єктивні закони, він шукає неординарних шляхів, будь то соціальні революції або будівництво-реконструкція будівель. Внутрішнє утеплення притягає усіх своєю дешевизною - витрати тільки на утеплювач, а його вибір досить широкий, оскільки немає необхідності в строгій відповідності критеріям надійності, отже, вартість утеплювача вже буде не висока при тих же теплоізоляційних показниках, обробка мінімальна - будь-який листовий матеріал і шпалери, трудовитрати мінімальні. Знижується корисний об'єм приміщень - це дрібниці в порівнянні з постійним тепловим дискомфортом. Ці аргументи були б хороші, якби подібне рішення не суперечило закономірностям формування нормального тепловологового режиму конструкцій. А нормальним цей режим можна назвати тільки за умови не накопичення в ній волога в холодний період року (тривалість якого для Києва складає 181 доба - дорівнює половина року). При невиконанні цієї умови, тобто при конденсації пароподібної вологи, яка потрапляє в зовнішню конструкцію під дією сил тепло- масообміну, в товщі конструкції відбувається намокання матеріалів конструкції і, передусім, теплоізоляційного шару, теплопровідність якого при цьому збільшується, що викликає ще більшу інтенсивність подальшої конденсації пароподібної вологи. Результат - втрата теплоізоляційних властивостей, утворення плісняви, грибків і інші неприємності.

2.2.1 Стіни будівель колодязної цегляної кладки

Колодязна кладка припускає створення тришарової конструкції, при якій проміжок між зовнішніми і внутрішніми цегляними рядами на етапі будівництва залишається порожнім. Після він наповнюється утеплювачем. Якщо говорити про те, які утеплювачі бувають при такій теплоізоляції, то тут можливі практично будь-які варіанти. В якості їх, як правило, виступають цементний розчин з домішкою соломи або тирси, керамзит, шлак і мінеральна вата. Відмінним і дуже поширеним рішенням є вибір основи пінопласту для утеплення.

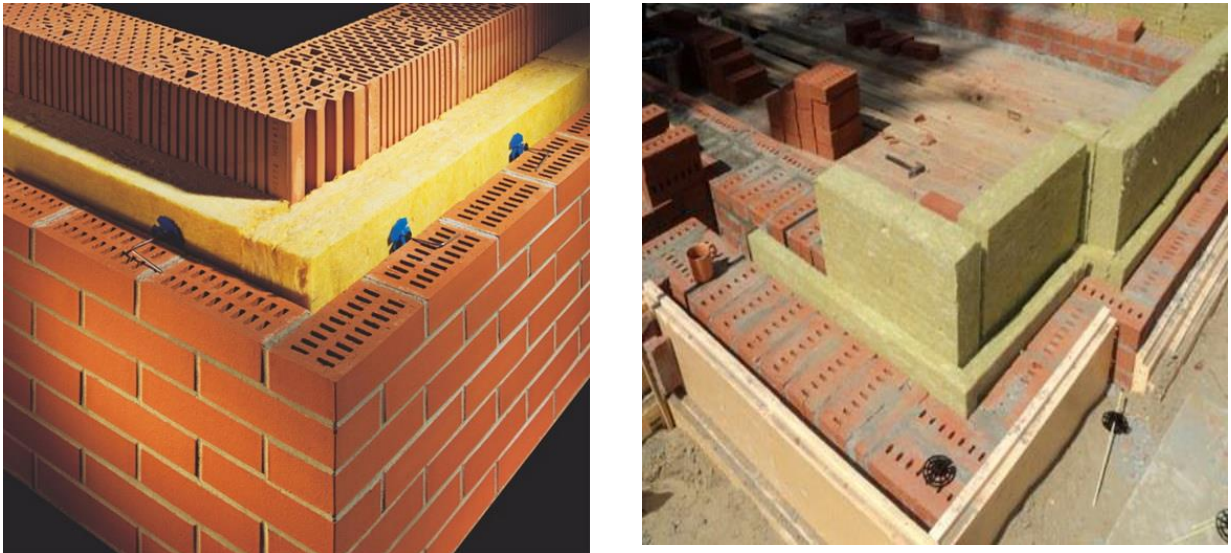


Рисунок 2.4 – Стіни будівель колодязної цегляної кладки з утеплювачем

Такий вид ізоляції, як колодязна кладка, з утеплювачем таїть в собі безліч значимих переваг. Проаналізуємо детально її позитивні якості:

- такий спосіб дозволяє зменшити кількість цеглини для роботи приблизно на 18 відсотків (порівняно з суцільною кладкою);
- не обов'язково застосовувати «теплі» розчини для укладання;

- отримуване перекриття має невелику вагу і середню товщину, тобто стінні матеріали економляться, а навантаження на фундамент пом'якшується;
- при чіткому дотриманні правил монтажу відпадає загроза виникнення конденсату на внутрішній стороні стіни;
- теплоізоляція виходить стійкою до пожеж, тобто вогнетривкою;
- фасад будинку набуває естетичності без всяких додаткових витрат.

Теплоізолюючі властивості стін визначаються шаром утеплювача, вимоги до якого в основному обумовлюються його теплоізоляційними характеристиками. Міцнісні властивості утеплювача, його стійкість до атмосферних дій для такого типу конструкцій не грають визначальну роль. Тому як утеплювач можуть використовуватися плити ПСБ-С щільністю 15-30 кг/м³, мінераловатні м'які плити і мати. При проектуванні стін такої конструкції необхідно обов'язково розраховувати приведені опір теплопередачі, вплив суцільних цегляних перемичок, що враховує, на інтегральний тепловий потік через стіни.

2.2.2 Стіни будівель каркасно-монолітної схеми

Характерною особливістю цих стін є можливість забезпечення відносно рівномірного температурного поля на досить великій площі внутрішньої поверхні зовнішніх стін. Колони каркаса, що в той же час несуть, є масивними теплопровідними включеннями, що обумовлює необхідність обов'язкової перевірки відповідності температурних полів нормативним вимогам. Найбільш поширено в якості зовнішнього шару стін цієї схеми використання цегляної кладки в чверть цеглини, 0,5 цегли або в одну цеглу. При цьому використовується якісна імпортна або вітчизняна цегла, що надає будівлям привабливий архітектурний вигляд (рис. 2.5).

З точки зору формування нормального режиму вологості найбільш оптимальним є застосування зовнішнього шару в чверть цегли, проте це вимагає високої якості як самої цегли, так і роботи по облаштуванню кладки.



Рисунок 2.5 – Будівлі каркасно-монолітної схеми

На жаль, у вітчизняній практиці для багатоповерхових будівель не завжди може забезпечуватися надійна кладка навіть в 0,5 цегли, і тому в основному використовується зовнішній шар в одну цеглу. Таке рішення вже вимагає ретельного аналізу тепловологового режиму конструкцій, тільки після якого можна приймати висновок про життєздатність конкретної стіни. В якості утеплювача в Україні широко використовується пінобетон. Наявність вентиляваного повітряного прошарку дозволяє видаляти вологу з шару утеплювача, що гарантує нормальний тепловологісний режим конструкції стіни. До недоліків цього рішення слід віднести те, що в теплоізоляційному відношенні абсолютно не працює зовнішній шар в одну цегли, зовнішнє холодне повітря безпосередньо обмиває утеплювач з пінобетону, що обумовлює необхідність пред'явлення високих вимог до його морозостійкості. Враховуючи те, що для теплоізоляції слід використати пінобетон щільністю 400 кг/м^3 , а в практиці вітчизняного виробництва часто спостерігається порушення технології, і пінобетон, використовуваний в таких конструктивних рішеннях, має фактичну щільність вище за вказану (до 600 кг/м^3), це конструктивне рішення вимагає ретельного контролю при монтажі стін і при прийманні будівлі. Нині розроблені і знаходяться у стадії передзаводської готовності (будується виробнича лінія) перспективні тепло-

звукоізоляційні і, одночасно, обробні матеріали, які можуть застосовуватися в конструкціях стін будівель каркасно-монолітної схеми. До таких матеріалів відносяться плити і блоки на основі керамічного мінерального матеріалу «Сіоліт». Сіоліт це двокомпонентний бітумно-полімерний герметик, що утворює гнучкий однорідний шар, стійкий до перепадів температур вимиваючій дії води. Покриття не вицвітає, не відшаровується, не утворює пухирів, стійко до стирання, не ушкоджується соляними розчинами, озонованою і хлорованою водою малої концентрації. Забезпечує волого- і водонепроникність поверхонь, на які накладається, запобігаючи проходу води. Може використовуватися як фінішне покриття без додаткового оздоблення.

Дуже цікавим рішенням конструкцій зовнішніх стін є світлопрозора ізоляція. При цьому формується такий тепловологий режим, при якому відсутня конденсація пари в товщі утеплювача, а світлопрозора ізоляція є не лише тепловою ізоляцією, але і джерелом теплоти в холодний період року.

3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ І ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

3.1 Оптимізація рівня теплоізоляції захисних конструкцій житлових і цивільних будівель

Проблема енергозбереження є актуальною на протязі ось вже декількох десятиліть у багатьох країнах світу. Чималу долю енергоресурсів споживають житлові і цивільні будівлі внаслідок низьких теплозахисних властивостей захисних конструкцій будівель. Для збільшення термічного опору захисних конструкцій розробляється, велика кількість конструктивних рішень з використанням різних матеріалів. Для ухвалення оптимального рішення по облаштуванню додаткової теплоізоляції в різних країнах існують різні методики оцінки економічної ефективності конструктивного рішення теплоізоляції стін.

У Німеччині (ГДР) при виборі оптимального рішення стін будівель, які реконструюються, використовувалися наступні показники:

- відношення одноразових витрат до щорічної економії енергії опалювальної системи завдяки пристрою теплоізоляції, коефіцієнт F;
- відношення приведених витрат до щорічної економії енергії опалювальної системи;
- відношення одноразових витрат до приведених витрат.

Перший з показників є основним. Для його визначення одноразові витрати п обчислюють за формулою:

$$n = a_0 + a_i \times \Delta R \quad (3.1)$$

де a_i - коефіцієнт, пропорційний вартості теплоізоляції;

a_0 - частина витрат, визначувана конструктивним рішенням і не залежна від товщини шару утеплювача (вартість кріплення, що враховує, підстави під штукатурку і так далі);

ΔR - поліпшення термічного опору конструкції, що захищає, введенням додаткової теплоізоляції.

Згідно з методикою, розробленою фахівцями Вищої школи архітектури і будівництва м. Веймар (Weimar), щорічні витрати енергії на опалювання будівлі здійснюються по формулі:

$$E = \frac{\Delta\theta \times b}{R} \quad (3.2)$$

де $\Delta\theta$ - розрахункова різниця між температурою зовнішнього і внутрішнього повітря;

b - тривалість опалювального періоду.

З урахуванням приведених вище формул вираження для показника F отримує вид:

$$F = \frac{(a_0 + a_i \times \Delta R) \times R_1 \times R_2}{\Delta R \times \Delta\theta \times b} \quad (3.3)$$

Для вибору оптимального варіанту додаткової теплоізоляції обгороджувач розробляють декілька конструктивних рішень з різною товщиною утеплювача. По мінімальному значенню показника F визначають найбільш ефективну конструкцію з оптимальним термічним опором (рис. 3.1.).

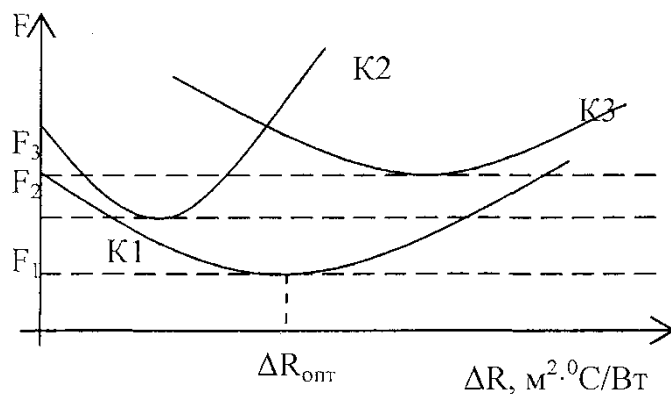


Рисунок 3.1 - Залежність показника витрат F від термічного опору ΔR шару ефективного утеплювача для трьох конструктивних рішень.

За методикою, розробленою у Німеччині (ФРН), як критерії економічної ефективності використовується термін окупності і коефіцієнт рентабельності A , що є відношенням щорічної економії грошових коштів на відшкодування тепловтрат через 1 м^2 площі стін - ΔK_B до одноразових витрат на поліпшення теплоізоляції 1 м^2 стін ΔK_i :

$$A = \frac{\Delta K_B}{\Delta K_i} \quad (3.4)$$

Оптимальною вважатиметься конструкція, для якої коефіцієнт рентабельності A дорівнюватиме максимуму. ΔK_B визначається по формулі:

$$\Delta K_B = \frac{8.64 \times \Delta K_m \times G \times K_e}{100 \times \eta \times H_u} \quad (3.5)$$

де ΔK_m - різниця коефіцієнтів теплопередачі не теплоізолюваної і теплоізолюваної конструкції;

G - число опалювального градусів-годинника;

η – коефіцієнт корисної дії опалювальної системи;

H_u - нижча, теплотворна здатність палива.

Формула для визначення одноразових витрат має вигляд:

$$\Delta K_i = d \times K_i + K_a \quad (3.6)$$

де K_a - постійна частина одноразових витрат;

d - товщина шару утеплювача;

K_i - вартість одиниці товщини утеплювача.

Оптимальна товщина шару утеплювача визначається по формулі:

$$d = \sqrt{\frac{100 \times \lambda \times K_a}{K_0 \times K_i}} \quad (3.7)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності утеплювача;

K_0 - коефіцієнт теплопередачі початкової конструкції.

Зі збільшенням постійної частини одноразових витрат максимум коефіцієнта A стає усе менш вираженим (товщина теплоізоляційного шару у меншій мірі впливає на економічну ефективність, чим витрати на улаштування теплоізоляції) і при занадто великій величині постійної частини

одноразових витрат, установка додаткової теплоізоляції стає не рентабельною.

В умовах планової економіки до 1991 року критерієм ефективності капітальних вкладень служив мінімум приведених витрат. Для вибору варіанту капітальних вкладень рекомендувалося скористатися наступними формулами:

$$\begin{aligned} \Pi_i &= K_i + T_H \cdot C_i \Rightarrow \min, \\ \Pi_i &= C_i + E_H \cdot K_i \Rightarrow \min, \end{aligned} \quad (3.8)$$

де K_i - капітальні вкладення по i -тому варіанту;

C_i - собівартість (поточні витрати) по i -тому варіанту;

T_H - нормативний термін окупності додаткових капітальних вкладень за рахунок економії від зниження поточних витрат;

E_H - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

При виборі оптимального конструктивного рішення захисних конструкцій, з точки зору їх теплозахисних якостей необхідно визначити економічно доцільний термічний опір теплоізоляційного шару $R_{ут}^{ек}$ багатошарової конструкції, що захищає, або однорідною (одношаровою) по формулі:

$$R_{ут}^{ек} = \sqrt{\frac{(t_B - t_{o.п}) \times Z_{o.п} \times m \times C_T \times I_T}{\lambda_{ут} \times C_{ут} \times E_{н.п}}} \quad (3.9)$$

де t_B - розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

$t_{o.п}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С,

$Z_{o.п}$ - тривалість опалювального періоду, г/рік;

m - коефіцієнт, що враховує додатково тепловтрати на інфільтрацію зовнішнього повітря;

C_T - вартість теплової енергії грн/Вт;

I_T - коефіцієнт, що враховує майбутнє дорожчання теплової енергії;

$\lambda_{\text{ут}}$ - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу теплоізоляційного шару багат шарової захисної конструкції, або однорідної конструкції, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$;

$C_{\text{ут}}$ - вартість матеріалу теплоізоляційного шару багат шарової захисної конструкції або однорідної конструкції грн./м³;

$E_{\text{н.п.}}$ - норматив для приведення різночасних витрат, 1/рік.

Економічно оптимальний термічний опір $R_0^{\text{ек}}$ захисних конструкцій, слід приймати виходячи з умови забезпечення найменших приведених витрат Π , визначуваних розрахунком для варіантів захисних конструкцій з різним опором теплопередачі R_0 :

$$\Pi = C_{\text{д+}} \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{о.п}}) \times Z_{\text{о.п}} \times m \times C_{\text{Т}} \times I_{\text{Т}}}{R_0 \times E_{\text{н.п}}} \quad (3.10)$$

де $C_{\text{д}}$ - одноразові витрати (собівартість будівельно-монтажних робіт), грн./м²;

R_0 - термічний опір захисних конструкцій, що приймається для варіантів розрахунку рівним і близьким величині опору теплопередачі, визначуваній по формулі (3.9).

Оцінка економічної ефективності додаткової теплоізоляції захисних конструкцій, по даній методиці проводиться без урахування чинника часу (дисконтування) і економії грошових коштів на опалювання за час експлуатації конструкцій після терміну окупності.

В дослідженнях Дмитрієва О.М. запропонована методика оптимізації рівня теплозахисту захисних конструкцій, в якому критерієм оптимальності служить максимум чистого прибутку від збереженої теплової енергії за розрахунковий термін N служби обгороджування з додатковою теплоізоляцією :

$$S(m) = P(m) \cdot N - C(m) \quad (3.11)$$

де $S(m)$ - чистий прибуток;

$P(m)$ - вартість енергії, що щорічно зберігається;

$C(m)$ - вартість облаштування додаткового шару теплоізоляції;

m - коефіцієнт підвищення рівня теплозахисту захисних конструкцій. Проте в цій методиці не враховується зміна вартості грошових коштів в часі.

У зв'язку з дією ринкових умов методика порівняння ефективних варіантів технологій і інвестицій за приведеними витратами не відбиває реальних економічних показників. Нині оцінку ефективності утеплення житлових і цивільних будівель слід вести на основі розрахунків економічних показників з урахуванням чинника часу, тобто дисконтування. Найбільш поширеними є інтегральні показники: чистий дисконтований доход (ЧДД), індекс доходності додаткових капітальних вкладень (ІД), внутрішня норма доходності (ВНД), термін окупності додаткових капітальних вкладень, які засновані на концепції дисконтування.

Чистий дисконтований доход (ЧДД) - показник, який відображає приріст цінностей в результаті реалізації проекту, оскільки він є різницею між сумою грошових надходжень, які виникають при реалізації проекту і наводяться (дисконтуються) до їх справжньої вартості, і сумою дисконтованих вартостей усіх витрат, необхідних для здійснення проекту.

Для проектів по улаштуванню додаткової теплоізоляції захисних конструкцій, коли інвестиції вкладаються на самому початку проекту, а грошові надходження (економія коштів на оплату послуг з опалювання) в кожному періоді однакові за величиною, формула ЧДД набере вигляду:

$$\text{ЧДД} = E \times \frac{1 - (1+r)^{-T}}{r} - K \quad (3.12)$$

де E - річна економія грошових коштів на опалювання внаслідок підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій;

K_0 - капітальні витрати на улаштування додаткової теплоізоляції;

T - тривалість розрахункового періоду;

r - постійна норма дисконту, рівна прийнятній для інвестора нормі доходу на капітал.

$$E = (t_B - t_{o.п}) \times Z_{o.п} \times m \times C_T \times I_T \times \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R} \right) \quad (3.13)$$

де R , R_0 - термічний опір захисних конструкцій, відповідно до і після улаштування додаткової теплоізоляції.

$$K = C_k + \delta_{ут} \times C_{ут} \quad (3.14)$$

де C_k - вартість захисних конструкцій, без урахування вартості теплоізоляційного шару (вартість виконання робіт по улаштуванню додаткової теплоізоляції плюс вартість матеріалів захисно-оздоблювального шару).

Поширення методу оцінки ефективності проектів за допомогою ЧДД обумовлене можливістю безпосередньо визначати ефект від проекту (його абсолютну величину) за розрахунковий період.

На рис. 3.2 показана залежність ЧДД від термічного опору конструкцій, що захищають, і його оптимальна величина.

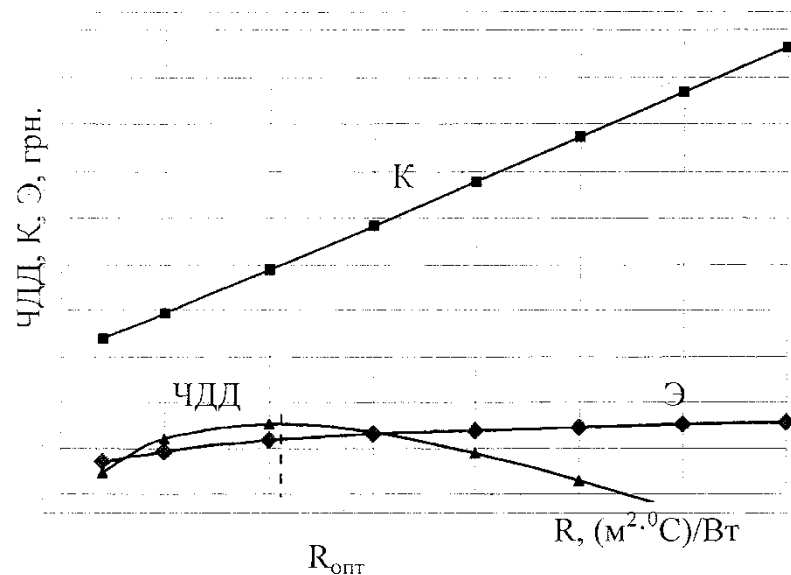


Рисунок 3.2 - Зміна ЧДД залежно від термічного опору R захисних конструкцій

Аналітично оптимальний термічний опір захисних конструкцій, можна визначити шляхом диференціювання рівняння (3.12) і прирівнювання його нулю:

$$\frac{\partial[\text{ЧДД}]}{\partial(R)} = 0 \quad (3.15)$$

Після підстановок і обчислень отримуємо:

$$R_{\text{опт}} = R_{\text{к}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} = \sqrt{\frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{о.п}}) Z_{\text{о.п}} \times m \times C_{\text{T}} \times I_{\text{T}}}{\lambda_{\text{ут}} \times \delta_{\text{ут}}} \times \frac{1 - (1+r)^{-T}}{r}} \quad (3.16)$$

Таким чином, при визначенні оптимального рівня теплозахисту по формулі (3.16) враховуються увесь період експлуатації захисних конструкцій, і усі витрати і надходження розраховуються з урахуванням чинника часу, що повністю усуває недоліки вищеописаних методик.

Тому в економічних умовах, що склалися, основними показниками економічної ефективності проектів по улаштуванню додаткової теплоізоляції, являються показники, основані на принципі дисконтування.

Чистий дисконтований доход проекту на утеплення будівель залежить, головним чином, від капітальних витрат на додаткову теплоізоляцію, тому необхідно знижувати капітальні витрати на улаштування теплоізоляції. З цією метою доцільно вести пошук нових ефективних і недорогих вітчизняних теплоізоляційних матеріалів, ефективних технологій по улаштуванню теплоізоляції, елементів кріплення і захисних елементів, шляхів механізації робіт.

3.2 Методика вибору оптимального проекту для обґрунтованих інвестицій на реалізацію енергозберігаючих заходів

На сьогодні існує безліч проектних рішень, ефективних технологій і матеріалів, що дозволяють понизити енергоспоживання існуючими будівлями, проте до теперішнього часу, впровадження енергоефективних заходів по термореновації (тепловій «санації», реабілітації) здійснюється дуже низькими темпами. Однією з головних причин цього факту є відсутність чіткої методології вибору оптимального проекту для обґрунтованих інвестицій на реалізацію енергозберігаючих заходів.

В умовах ринкової економіки в основі більшості методів оцінки інвестиційних проектів лежить обчислення чистого приведенного доходу (net present value - NPV). Цей метод представляє найбільший інтерес для інвестора капіталу, оскільки вважається, що основним показником при оцінці інвестицій є капітальні вкладення і менш суттєвим рівням витрат по експлуатації будівель. Проте при рішенні завдань техніко-економічного аналізу теплового захисту будівель важливим є якраз рівень витрат по експлуатації будівель.

У основу методики техніко-економічної оцінки ефективності підвищення теплового захисту експлуатованих житлових будівель прийнятий метод розрахунку загальної річної вартості.

Метод загальною головою вартості застосовується для порівняння варіантів проектних рішень з різним терміном служби [20-24].

Гнучкість методу дозволяє легко пристосовуватися до кон'юнктурних умов, що змінюються, впродовж різних періодів терміну служби житлової будівлі, як в часта витрат на його експлуатацію, так і процентної ставки на капітал і одноразових капітальних витрат.

На основі методики техніко-економічної оцінки ефективності підвищення теплового захисту експлуатованих житлових будівель розроблена методика оптимізації тепловою захиті захисних конструкцій.

Мета оптимізації теплового захисту огорожувальних конструкцій житлових будівель, полягає в отриманні такого проєкту підвищення енергоефективності існуючих житлових будівель за заданим критерієм оптимальності, який би задовольняв усім вимогам ДБН та ДСТУ при заданих обмеженнях. Вимоги можна сформулювати у вигляді системи нерівностей:

$$y_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \leq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.17)$$

де x_i - визначальні параметри проєктування заході по теплому захисту огорожувальних конструкцій будівель;

y_i - оператор загального вигляду.

Завдання оптимізації теплового захисту огорожувальних конструкцій експлуатованих житлових будівель, полягає в тому, щоб при виконанні умов (3.17) забезпечити мінімум критерію, по якому оцінюється проєкт. Цей критерій залежить від параметрів x_i і називається цільовою функцією:

$$C(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \min \quad (3.18)$$

Загальна схема оптимізації теплового захисту експлуатованих будівель включає:

- вивчення конструктивно-планувальних особливостей. теплотехнічних характеристик будівлі і умов експлуатації (суворості клімату);
- формування безлічі вимог до будівлі - по функціях, умовах експлуатації, чисельних значеннях і допусках вихідних параметрів і забезпечення їх порівнянності; встановлення обмежень технічного, економічного і іншого характеру, включаючи прогнозування вхідної інформації;
- визначення початкового масиву варіантів технічних рішень, що відповідають загальним вимогам проєктування підвищення теплового захисту і експлуатації будівель;
- відбір варіантів рішень по підвищенню теплового захисту існуючих будівель, що задовольняють комплексу конкретних вимог : науково-технічні

і матеріальні можливості, види матеріалів, технологічні способи виконання заходів, умови кредитування та інше;

- вивчення мікро- і макроекономічних умов: виявлення ризиків, пов'язаних з реалізацією проекту, вартості енергії, норми дисконту та інше;
- формалізація і обчислення цільової функції, витрат, економічного ефекту, ефективності при заданих обмеженнях на ЕОМ;
- аналіз і обробка результатів обчислень;
- коригування (при необхідності) початкових даних (вхідній інформації), математичній моделі і повторні обчислення;
- ухвалення рішення відносно оптимального рівня теплового захисту будівлі залежно від умов експлуатації, формулювання практичних рекомендацій.

Математична модель завдання оптимізації формулюється у формі завдання нелінійного програмування: мінімізувати загальну річну вартість (3.18).

$$C_i = CD \times k_0 \times C_e \left(\sum_{i=1}^n K_i(\delta_y) A_c + \sum_{il=1}^{nl} K_{il} A_{il} + \sum_{i=1}^m K_i(\delta_y) L_j + \sum_{jl=1}^{ml} K_{il} L_{jl} \right) + (\sum_{il}^{n1} C_{il} + (C_{cns} + C_{ms} \times \delta_y \times 10^{-3}) \times A_c) \times \frac{(g-1)g^t}{(g^t-1)} \rightarrow \min \quad (3.19)$$

де C_t - загальна річна вартість, грошова од./рік;

GD - число градусо-тижнів опалювального періоду;

K_0 - розмірний коефіцієнт для перекладу Дж/с в Гкал;

C_e - вартість 1 Гкал теплової енергії, грошова од./Гкал;

K_j - сума капітальних витрат на виконання заходів по тепловій захисту за винятком утеплення зовнішніх стін;

C_{cns} - постійна доля витрат по облаштуванню зовнішньої теплоізоляційної системи на 1 м² стін, грошова од.;

C_{ins} - вартість 1м³ теплоізоляційного матеріалу, грошова од.;

δ_y - товщина шару теплоізоляції, мм;

A_c - площа стін будівлі m^2 , визначувана по зовнішніх осях, що утепляються.

g - коефіцієнт дисконтування : $g=1+p/100$;

p - процентна ставка на капітал (ставка дисконту);

t - термін служби теплоізоляційної системи, рік.

$K_i(\delta_y)$, $k_j(\delta_y)$ - відповідно, коефіцієнт теплопередачі, ($Вт/м^2 \cdot ^\circ C$) і лінійний коефіцієнт теплопередачі, ($Вт/м^2 \cdot ^\circ C$), як функція товщини утеплювача;

A_i - площа конструкцій (стін), що утепляються, m^2 ;

L_j - довжина вузлових з'єднань, що утепляються, м;

K_{il} - коефіцієнт теплопередачі елементів конструкції, що захищає, за винятком елементів конструкції (стін), що утепляються. $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$;

k_{jl} - лінійний коефіцієнт теплопередачі вузлових з'єднань, за винятком вузлових з'єднань, що утепляються, $Вт/м \cdot ^\circ C$;

A_{il} - площа елементів конструкції, що захищає, за винятком елементів конструкції (стін), що утепляються, m^2 ;

L_{jl} - довжина вузлових з'єднань, за винятком вузлових з'єднань, що утепляються, м;

n - кількість елементів (стін), що утепляються, в конструкції обгороджування;

nl - кількість елементів в конструкції обгороджування за винятком стін;

m - кількість типів вузлових з'єднань, що утепляються;

ml - кількість вузлових з'єднань, за винятком тих, що утепляються.

Обмеженнями завдання є:

- тривалість опалювального періоду GD - 1000 ... 5000 градусо-тижні;
- вартість 1 Гкал теплової енергії $CЭ$ - 13,6; 21,8 \$ USA/Гкал;
- товщина утеплювача δ_y - 0 ... 500 мм;
- термін експлуатації системи утеплення t - 0 ... 50 років;
- ставка інвестування капіталу p - 0 ... 30%;

- опір теплопередачі конструкцій $R_o \geq R_{отр}$, що захищають $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$;
- допустимі значення параметрів мікроклімату приміщень, що нормуються санітарно-гігієнічними нормами.

$R_{отр}$ - нормоване значення опору теплопередачі конструкцій, що захищають.

Як приклад на рис.3.3 приведений результат рішення задачі оптимізації теплового захисту експлуатованої житлової будівлі в м Запоріжжя розташованого в II -й кліматичній зоні. Загальна річна вартість капітальних витрат на утеплення стін будівлі визначена при 10 - % ставці на капітал.

На основі запропонованої методики оптимізації теплового захисту огорожувальних конструкцій житлових будівель, отримані оптимальні значення товщини утеплюючого шару (таблиця 3.1), опори теплопередачі конструкцій (таблиця 3.2), при реконструкції будівель і термінів окупності інвестицій (таблиця 3.3) в енергозберігаючі проекти залежно від клімату, вартості теплової енергії при різній величині процентної ставки і різному розрахунковому періоді експлуатації теплоізоляційної системи.

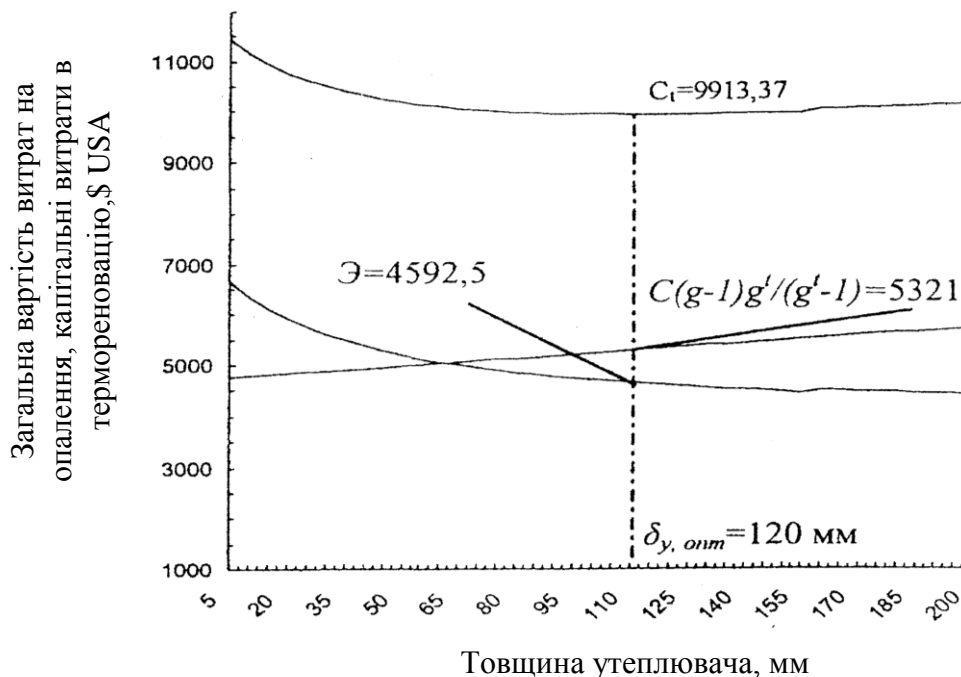


Рисунок 3.3 - Річна вартість капітальних витрат на утеплення стін і витрат на опалення будівлі при відсотковій ставці 10%

Таблиця 3.1 - Оптимальна товщина утеплювача, (мм) при зовнішньому способі утеплення стін будівлі для I - II кліматичних зон України

Кількість градусо-годин опалювального періоду	Кліматична зона	Розрахунковий період експлуатації системи	Ставка дисконта, %													
			0	5	10	15	20	25	30							
			Вартість теплової енергії, \$/Гкал													
			13,6	21,8	13,6	21,8	13,6	21,8	13,6	21,8	13,6	21,8	13,6	21,8	13,6	21,8
5000	I	10	155	190	120	160	105	155	95	125	85	110	75	100	70	90
		30	275	355	185	245	155	185	110	155	95	125	80	105	75	95
		50	365	470	205	270	155	190	110	155	95	125	80	105	75	95
4000		10	125	165	105	155	90	125	80	105	75	95	65	90	60	80
		30	240	315	160	215	130	160	95	145	80	110	70	95	65	85
		50	320	420	180	235	125	165	95	145	80	110	70	95	65	85
3000	II	10	120	155	100	145	85	120	75	105	65	95	60	90	50	75
		30	155	270	145	155	120	145	90	130	75	105	65	90	55	80
		50	280	360	155	175	125	135	90	130	75	105	65	90	55	80
2000		10	90	135	75	110	65	90	60	80	50	70	45	65	35	55
		30	145	145	125	135	90	120	70	95	60	80	50	70	40	60
		50	225	295	145	145	90	135	70	95	60	80	50	70	40	60
1000		10	60	80	50	65	40	55	35	50	25	45	20	35	15	30
		30	135	135	75	105	55	75	40	60	30	50	25	40	20	35
		50	155	145	85	115	55	85	40	60	30	50	25	40	20	35

Дані розрахунків наведені у таблиці 3.1 показують, що оптимальна товщина утеплювача підвищується зі збільшенням тривалості опалювального періоду, тарифів на теплову енергію і знижується зі збільшенням процентної ставки на капітал.

Таблиця 3.2 - Оптимальне значення опору теплопередачі конструкцій, що захищають, з урахуванням теплоізоляційної системи при реконструкції будівель, (м²·°C)/Вт

Кількість град угр- тижнів опалювального періоду	Кліматична зона	Розрахунковий період експлуатації системи утеплення	Вартість теплової енергії, \$/Гкал				
			13,6		21,8		
			Ставка дисконту, %				
			0	5	0	5	10
5000	I	10	3,9 (2,2)	3,2 (2,2)	4,6 (2,2)	4,0 (2,2)	3,9 (2,2)
		30	6,3 (2,2)	4,5 (2,2)	7,9 (2,2)	5,7 (2,2)	4,5 (2,2)
		50	8,1 (2,2)	4,9 (2,2)	10,2(2,2)	6,2 (2,2)	4,6 (2,2)
4000		10	3,3 (2,2)	2,9 (2,2)	4,1 (2,2)	3,9 (2,2)	3,3 (2,2)
		30	5,6 (2,2)	4,0 (2,2)	7,1 (2,2)	5,1 (2,2)	4,0 (2,2)
		50	7,2 (2,2)	4,4 (2,2)	9,2 (2,2)	5,5 (2,2)	4,1 (2,2)
3000	II	10	3,2(1,9)	2,7(1,9)	3,8(1,9)	3,3(1,9)	3,1 (1,9)
		30	3,8(1,9)	3,5(1,9)	6,1(1,9)	4,2(1,9)	3,8(1,9)
		50	6,3 (1,9)	3,8(1,9)	7,9(1,9)	3,8(1,9)	3,5(1,9)
2000		10	2,4(1,7)	2,1 (1,7)	3,5(1,7)	2,8(1,7)	2,4(1,7)
		30	3,5 (1,7)	3,3 (1,7)	3,5 (1,7)	3,5 (1,7)	3,5(1,7)
		50	4,5 (1,7)	3,5(1,7)	6,5(1,7)	3,5(1,7)	3,3 (1,7)
1000		10	1,8(1,7)	1,6(1,7)	2,2(1,7)	1,9(1,7)	1,7(1,7)
		30	3,5(1,7)	2,1 (1,7)	3,5 (1,7)	2,7(1,7)	2,1 (1,7)
		50	3,5(1,7)	2,3 (1,7)	3,5(1,7)	3,1(1,7)	2,2(1,7)

Примітка: в дужках приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, потрібне при реконструкції існуючих будівель.

Як випливає з даних таблиці 3.3, оптимальний опір теплопередачі конструкцій, що захищають, для I кліматичної зони в 1,5 ... 3,7 разу більше, ніж потрібне сучасними нормами мінімальний опір теплопередачі при базисній вартості 1 Гкал теплової енергії і умові безвідсоткового інвестування капіталу і в 1,3 ... 2,5 разу - при ставці дисконту 5% і, відповідно для II кліматичної зони - більше в 1,5 ... 3,3 і 1,4 ... 2,0 разу;

Таблиця 3.3 - Строки окупності (в літах) оптимальної товщини утеплювача в зовнішній системі теплоізоляції для I-II зон України

Кількість градусо-годин опалювального періоду	Кліматична зона	Розрахунковий період експлуатації системи утеплення	Строки окупності					
			0		5		10	
			Ставка дисконту, %					
			13,6	21,8	13,6	21,8	13,6	21,8
5000	I	10	14,3	8,6	25,0	11,5	-	20,6
		30	14,1	9,2	23,9	11,7	-	20,6
		50	14,8	9,8	24,1	11,9	-	20,6
4000		10	17,6	10,7	46,0	15,8	-	-
		30	17,4	11,2	40,4	15,9	-	-
		50	18,1	11,9	40,4	16,1	-	-
3000	II	10	20,1	12,3	84,1	19,5	-	-
		30	19,7	12,9	84,0	19,5	-	-
		50	20,8	13,6	84,2	19,5	-	-
2000		10	27,1	16,0	-	35,7	-	-
		30	25,6	16,0	-	32,9	-	-
		50	25,6	17,1	-	32,9	-	-
1000		10	59,1	34,5	-	-	-	-
		30	51,2	31,9	-	-	-	-
		50	51,2	31,9	-	-	-	-

Оптимальний опір теплопередачі стін при реконструкції будівель, розташованих в II кліматичній зоні менше потрібного сучасними нормами при розрахунковому періоді експлуатації системи утеплення 10 і 50 років.

Таким чином, при зовнішньому утепленні панельних стін будівель доцільно приймати опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, значення якого відповідає опору теплопередачі стінного обгороджування утепленого теплоізоляційною системою з оптимальною товщиною утеплюючого шару.

3.3 Визначення ваговитості показників ефективності на основі втрат величин цих показників

Блок-схема алгоритму рішення приведена на рис. 3.4. яку можливо використовувати для створення програмного комплексу, або як алгоритм проведення розрахунку за допомогою математичного апарату [20-24].

Матриця ухвалення рішень - матриця очікуваних результатів реалізації варіантів має вигляд:

$$P = [x_{ij}] = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_m \end{matrix} & \left| \begin{array}{cccc} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{array} \right| & , \end{matrix} \quad (3.20)$$

де $a_1 \dots a_m$ - порівнювані варіанти будівельних рішень ($i = \overline{1, m}$);

x_1, \dots, x_n - різнорозмірні показники ефективності ($j = \overline{1, n}$);

x_{11}, \dots, x_{mn} - значення показників ефективності.

При одночасній наявності мажорируемых і мінорируемых РПЭ матрицю P необхідно перетворити в матрицю оцінок очікуваних результатів P по виразах:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*}, \quad \in [0, 1], \quad \forall i, j (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}) \quad (3.21)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{1}{x_{ij}} : \max_i \frac{1}{x_{ij}} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} = \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}} \quad (3.22)$$

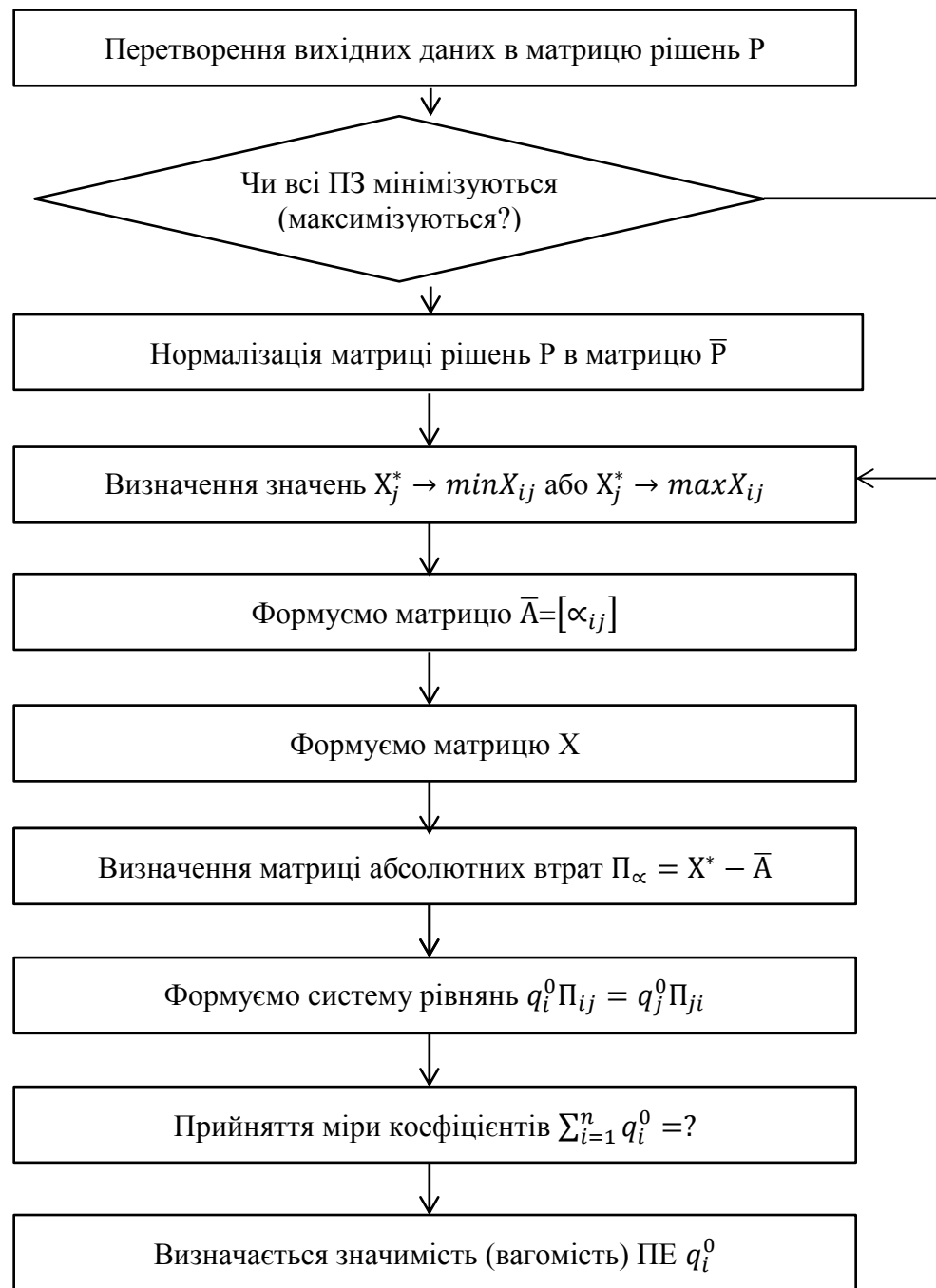


Рисунок 3.4 - Блок-схема алгоритму визначення вагомості показників ефективності на основі втрат величин показників [20-24].

$$\bar{P} = [\bar{x}_{ij}] = \begin{matrix} & \bar{x}_1 & \bar{x}_2 & \dots & \bar{x}_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_m \end{matrix} & \left| \begin{matrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{matrix} \right| \end{matrix}, \quad (3.23)$$

де X_{11}, \dots, X_{mn} - безрозмірні показники ефективності ($i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$)

Якщо усе ПЕ в матриці P міноруються або мажоруються, нормалізацію виконувати необов'язково, т. е. приймається $P = \bar{P}$

Далі в матриці \bar{P} визначаються значення

$$x_i^* = \max_j \bar{x}_{ij} \quad \text{или} \quad x_j^* = \min_i \bar{x}_{ij} \quad (3.24)$$

відповідно при мажоруючих і міноруючих ПЕ.

Для визначення абсолютних або відносних втрат показників складається матриця A ,

$$A = [\alpha_{ij}], \quad \forall i, j = \overline{1, n}, \quad (3.25)$$

де α_{ij} - значення i -го показника, якщо вибирається будівельний варіант, кращий по j -му показнику.

Коли значення α_{ij} для деякого j може бути вибрано неоднозначно, набуває найбільшого її значення:

$$\alpha_{ij} = \max_i |\alpha_{ij}|. \quad (3.26)$$

Складається матриця X^* :

$$X^* = \begin{matrix} & \bar{x}_1^* & \bar{x}_2^* & \dots & \bar{x}_n^* \\ \begin{matrix} \bar{x}_1^* \\ \bar{x}_2^* \\ \dots \\ \bar{x}_m^* \end{matrix} & \left| \begin{matrix} \bar{x}_1^* & \bar{x}_2^* & \dots & \bar{x}_n^* \\ \bar{x}_2^* & \bar{x}_2^* & \dots & \bar{x}_n^* \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{x}_m^* & \bar{x}_m^* & \dots & \bar{x}_n^* \end{matrix} \right| \end{matrix}, \quad (3.27)$$

Визначається матриця абсолютних втрат:

$$P_a = X^* - A = [x_i^* - \alpha_{ij}], \quad \forall ij; \quad (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}) \quad (3.28)$$

і матриця відносних втрат :

$$P_0 = \bar{X}^* (X^* - A) \quad (3.29)$$

де X^* - діагональна матриця наступного виду :

$$\bar{X}^* = \begin{vmatrix} \frac{1}{x_1^*} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{1}{x_2^*} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{1}{x_n^*} \end{vmatrix} \quad (3.30)$$

Величина, що стоїть на перетині i -го рядка і j -го стовпця матриці P_0 , має вигляд $x_i^* a_{ij}$. Її конкретний сенс полягає в наступному: члени матриці P_0 показують величини витрат по j -му показнику у разі вибору варіанту, кращого по j -му показнику, замість варіанту, кращого по i -у показнику.

Конкретний сенс коефіцієнтів, приведених в матриці P_0 і визначуваних за виразом полягає в наступному: величини, визначені по (3.31), показують величину втрат по i -у показнику, якщо фахівець, що приймає рішення, керується замість i -го показника j -м, таким, що доводиться на одиницю максимально можливого рівня j -го показника.

$$P_0^{(i, j)} = \frac{\bar{x}_i^* - a_{ij}}{\bar{x}_i^*} \quad (3.31)$$

У подальшому теоретичному аналізі не розрізнятимуться P_0 і P . Матриця втрат позначається просто P , а i -й її рядок P_i ($i = \overline{1, n}$). Одним з можливих методів визначення коефіцієнтів ваговитості ПЕ q_i ($i = \overline{1, n}$) являється їх визначення як функцій від матриці втрат P . Як показано в роботі [27], якщо визначити коефіцієнти ваговитості показників з наступної системи рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} q_i^0 P_{ij} &= q_j^0 P_{ji} & (i, j = \overline{1, n}), \\ \sum_{i=1}^n q_i^0 &= 1, \end{aligned} \right\} \quad (3.32)$$

де q_j^0, q_j^1 - коефіцієнти ваговитості j -го показника, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$;

Π_{ij} - елементи матриці втрат, тобто $\Pi = [\Pi_{ij}]$ ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$). Тоді коефіцієнти ваговитості матимуть ціле рядом корисних і наочних властивостей. Нижче приведені властивості єдиним чином визначають q_j^0 ; ($j=1, n$), отримані з системи рівнянь (3.32).

Коефіцієнти ваговитості q_j^0 ($i = \overline{1, n}$) є функціями матриці втрат Π , т. е.

$$q_i^0 = q^0(\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_i, \dots, \Pi_n) \quad (3.33)$$

де Π_i - i -й рядок матриці Π .

Визначити ваговитість показників ефективності, що характеризують технічні варіанти зведення стін з монолітного залізобетону. У таблиці 3.4 приведені показники ефективності, зведення стін, що характеризують варіанти.

Альтернативні варіанти улаштування теплоізоляції стін характеризують п'ять об'єктивних техніко-економічних показників і один суб'єктивний показник будівельної технологічності, визначений на основі експертних досліджень.

Таблиця 3.4 - Техніко-економічні показники варіантів конструктивних рішень зовнішніх стін для розрахунку ваговитості показників ефективності

Варіанти	Показник на 1 м ² стіни					
	Трудовитість, чол-час	Витрати цементу, кг	Витрати сталі, кг	Вартість, грн..	Технологіч ність, бали	Опір тепло- передачі, м ² чс/ккал
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
B_1	3,75	90,0	12,0	30,0	1,8	2,26
B_2	4,38	117,6	10,0	29,9	1,8	2,32
B_3	3,99	120,0	12,0	32,83	1,6	1,29
B_4	7,18	68,0	6,2	14,2	2,0	2,50
B_5	3,28	150,0	5,2	23,44	1,0	1,3

На основі початкових цих таблиць. 3.1 складається початкова матриця \bar{P} :

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
B ₁	3,75	90,0	12,0	30,0	1,8	2,26
B ₂	4,38	117,6	10,0	29,9	1,8	2,32
P=B ₃	3,99	120,0	12,0	32,83	1,6	1,29
B ₄	7,18	68,0	6,2	14,2	2,0	2,5
B ₅	3,28	150,0	5,2	23,44	1,0	1,3

Оскільки показники ефективності мають різні розмірності, здійснюється їх перетворення у безрозмірні по рівнянню (3.21) і (3.22). Таким чином, матриця ухвалення рішень P перетворюється в матрицю очікуваних результатів \bar{P} :

$\bar{P} =$	0,874	0,756	0,433	0,472	0,556	0,904
	0,659	0,578	0,520	0,475	0,556	0,928
	0,822	0,567	0,433	0,432	0,625	0,516
	0,457	1,000	0,839	1,000	0,500	1,000
	1,000	0,453	1,000	0,606	1,000	0,524

За виразом (3.24) визначаються значення $x_1=1$, $x_2=1$, $x_3=1$, $x_4=1$, $x_5=1$, $x_6=1$.

Складаємо матрицю A и \bar{X}^*

A =	1,000	0,457	1,000	0,457	1,000	0,457
	0,453	1,000	0,453	1,000	0,453	1,000
	1,000	0,839	1,000	0,839	1,000	0,839
	0,606	1,000	0,606	1,000	0,606	1,000
	1,000	0,500	1,000	0,500	1,000	0,500
	0,524	1,000	0,524	1,000	0,524	1,000

$\bar{X}^* =$	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1

Визначаємо матрицю абсолютних втрат:

$$\Pi = \begin{vmatrix} 0 & 0,543 & 0 & 0,543 & 0 & 0,543 \\ 0,547 & 0 & 0,547 & 0 & 0,547 & 0 \\ 0 & 0,161 & 0 & 0,161 & 0 & 0,161 \\ 0,384 & 0 & 0,394 & 0 & 0,394 & 0 \\ 0 & 0,500 & 0 & 0,500 & 0 & 0,500 \\ 0,457 & 0 & 0,457 & 0 & 0,457 & 0 \end{vmatrix}$$

На основ матриці Π будемо систему рівнянь (3.34):

$$\begin{aligned}
 q_1 \cdot 0,543 &= q_2 \cdot 0,547 \\
 q_2 \cdot 0,547 &= q_3 \cdot 0,161 \\
 q_1 \cdot 0,543 &= q_4 \cdot 0,394 \\
 q_2 \cdot 0,547 &= q_5 \cdot 0,500 \\
 q_1 \cdot 0,543 &= q_6 \cdot 0,476
 \end{aligned} \tag{3.34}$$

За результатами рішення системи рівнянь отримуємо:

$$\begin{aligned}
 q_1 &= 0,1114791, \\
 q_2 &= 0,110663, \\
 q_3 &= 0,3759823, \\
 q_4 &= 0,1536374, \\
 q_5 &= 0,1210663, \\
 q_6 &= 0,1271704, \\
 \sum q_i &= 1.
 \end{aligned}$$

ВИСНОВКИ

1. Різке скорочення запасів паливно-енергетичних ресурсів, проблеми зміни клімату і екологічні аспекти забруднення довкілля змусили переглянути і змінити відношення до питань енергоспоживання і енергозбереження. За останні роки на українському ринку з'явилася велика кількість сучасної інженерної техніки з високим КПД, нових будівельних матеріалів з якісними теплоізоляційними властивостями і електронних автоматичних систем контролю, управління і регулювання внутрішньобудинкових інженерних систем.

2. Комплексне використання нових матеріалів та технологій у будівництві та реконструкції дозволяє у декілька разів понизити споживання енергоносіїв і, як наслідок, значно скоротити експлуатаційні витрати з одночасним скороченням викидів шкідливих речовин в атмосферу.

3. З метою зниження споживання енергоносіїв на законодавчому рівні внесені відповідні зміни і доповнення у нормативні документи. Проте донині не вироблена остаточна концепція і програма будівництва і експлуатації енергоефективних будівель. Останніми роками багато зроблено в цьому напрямі, але ще більше проблемних питань належить вирішити.

4. З точки зору методології системного підходу необхідно розглядати теплову ефективність будівлі в цілому, як результат трьох основних елементних параметрів тепло-холодоспоживання і електропостачання будівлі, як єдиної енергетичної системи, а саме:

- кліматичних параметрів в районі будівництва;
- архітектурно-планувальних рішень і теплоізолюючих властивостей, прийнятих проектом конструкцій, що захищають;
- параметрів інженерного устаткування будівлі, спрямованих на створення комфортних умов.

5. Техніко-економічне обґрунтування конструктивних рішень зовнішніх стін житлового будівлі проводилося з урахуванням системотехнічного підходу на основі різнорозмірних показників ефективності на зведення кожного з п'яти варіантів. В процесі розрахунку було визначено, що найбільш вагомими показниками є термічний опір і експлуатаційні витрати. Економічний ефект від впровадження даної методики складе 15689 грн./рік на опалення будинку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арутюнян І.А., Данкевич Н.О. Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень в будівництві. навч.-метод. посібник для студ. ЗДІА спец. 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ден. та заоч. форм навчання. Запоріжжя: ЗДІА, 2018. 131 с.
2. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции. Москва: ИНФРА-М, 2003г. 268с.
3. ДБН В.2.2-15-2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. [Чинні з 2019-12-01]. Київ. Мінрегіонбуд України, 2019. 44с. (Національні стандарти України).
4. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012–04–01]. – Київ. 2012. – 94 с. (Національні стандарти України).
5. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016–05–05]. Київ. 2016. 52 с. (Національні стандарти України).
6. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд: Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2016–08–07]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2016. 33 с. (Національні стандарти України).
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, швидких експлуатаційних впливів від пожежі: Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011–01–01]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2011. 123 с. (Національні стандарти України).
8. ДБН В.2.5-67:2013. Інженерне обладнання будівель і споруд: Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014–01–01]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2013. 141 с. (Національні стандарти України).

9. ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013. Настанова щодо проведення робіт з улаштуванням ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд. [Чинний від 2014–01–01]. Київ., 2013. 88 с. (Національні стандарти України).
10. ДСТУ – Н Б. Д.1.1-2:2013 Настанова що до визначення прямих витрат у вартості будівництва. [Чинні з 2014-01-01]. Київ, 2013. 25с. (Національні стандарти України).
11. ДСТУ – Н Б. Д.1.1-3:2013 Настанова що до визначення загальновиробничих і адміністративних витрат та прибутку у вартості будівництва. [Чинні з 2014-01-01]. Київ, 2013. 41с. (Національні стандарти України).
12. ДСТУ – Н Б. Д.1.1-5:2013 Настанова що до визначення розміру коштів на титульні тимчасові будівлі та споруди і інші витрати у вартості будівництва. [Чинні з 2014-01-01]. Київ, 2013. 59с. (Інформація та документація).
13. ДСТУ – Н Б. Д.1.1-6:2013 Настанова що до розроблення ресурсне елементних кошторисних норм на будівельні роботи. [Чинні з 2014-01-01]. Київ, 2013. 45с. (Національні стандарти України).
14. ДСТУ ISO 9001: 2015 Система управління якістю. Вимоги: - [Чинний від 2015–12–31]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2016. 31 с. (Національні стандарти України).
15. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Чинний від 2016–00–01]. Київ, 2015. 29с. (Національні стандарти України).
16. ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції будинків і споруд Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації [Чинні з 2009-07-01]. Київ, 2009.21с. (Національні стандарти України).

17. ДСТУ Б.В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014–01-01]. Київ., 2014. 71 с. (Національні стандарти України).
18. Энергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: Довідник // «НДІпроектреконструкція», Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006. 144 с.
19. Энергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету міністрів України від 18.08.2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80> (дата звернення: 28.11.2020).
20. Завадскас Э.К., Вайгаускас Э.Р. Применение методов теории принятия решений при подготовке строительства. Вильнюс, 1985. 64с.
21. Завадскас Э.К., Вайгаускас Э.Р. Использование функции полезности для выбора оптимального варианта строительства. Вильнюс. 1980. 224 с.
22. Завадскас, Э. К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства Ленинград, 1991. 256 с.
23. Завадскас Э.К. Многоцелевая селектоновация технологических решений строительного производства (Теоретические основы). Вильнюс, 1989. 107 с.
24. Завадскас Э.К., Пелдшус Ф. Применение теории игр при подготовке строительного производства. Вильнюс, 1986. 46 с.
25. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: Навчальний посібник. Київ: Основа, 2001.336с.
26. Кирнос В.М., Залунин В.Ф., Дадиверина Л.Н. Организация строительства: учеб. пособие. Днепропетровск.: Пороги, 2005. 309 с.
27. Маркин Б.Г. Проблемы группового выбора. Москва, Наука, 1974. 256с.

28. Наукові основи розвитку будівельної галузі України монографія /за ред. І. А. Арутюнян. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 460 с.
29. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року: Розпорядження кабінету міністрів України Указ від 25.01.2015 р. № 1228-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-%D1%80> (дата звернення: 31.05.2020).
30. Павлов І.Д., Терех М.Д., Полтавець М.О. Оптимізація управлінських рішень в будівництві: навч.-метод. посібник. ЗДІА. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 73 с.
31. Про енергетичну ефективність будівель: Директива Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу 2010/31/ЄС // Офіційний вісник Європейського Союзу, 2010. 32 с.
32. Про енергетичну ефективність будівель: проект Закону України від 11.07.2016 р. № 4941, станом на 2 серпня 2016 р. Режим доступу : http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=59631.
33. Про енергозбереження: Закон України від 01.07.1994 р. № 74/94-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80>(дата звернення: 31.05.2020)
34. Современные технологии в строительстве: учебник для студ.высш.учеб.заведен./под ред. А.И. Менейлюка.-К.:Освіта України, 2010.549 с.
35. Стратегії з енергоефективності та енергозбереження на підприємствах, в установах та організаціях, що належать до сфери управління ДАЗВ, на 2018 – 2020 роки: Наказ Державного агентства України з управління зоною відчуження від 19.01.2018 р. № 4 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0004767-18> (дата звернення: 31.05.2020).
36. Технологія будівельного виробництва практикум. навч. посібник для внз / за ред. М. Г. Ярмоленко. Київ : Вища школа, 2007. 207 с.

37. Теличено В.И., Терентьев О.М., Лapidус А.А. Технология строительных процессов: Учебник для строительных вузов. Москва: Высшая школа, 2005. 392 с.
38. Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти: Практичний посібник. Видання 3-тє, актуалізоване. / за ред.. Бригілевича В. Львів, 2016. 186 с.
39. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожуючих конструкцій: монографія. Київ. 2009. 216 с.
40. Черненко В.К, Осипов О.Ф., Тонкачєєв Г.М. Технологія монтажу будівельних конструкцій: Навчальний посібник., Київ 2010 372 с.
41. Юхименко А. І. Енергозбереження та термомодернізація будівель і споруд: навч.-метод. посібник для магістрів ЗДІА спец. 192 "Будівництво та цивільна інженерія" освітньої програми "Промислове і цивільне будівництво" ден. та заоч. форм навчання . Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 90 с.
42. Сендвич - панелі стінові та покрівельні: веб-сайт. URL: <https://www.specmetal.com.ua> (дата звернення: 22.09.2020)
43. Сэндвич-панели - что стоит о них знать? веб-сайт. URL: <https://balex.eu/ru/> (дата звернення: 22.09.2020)
44. Виробництво сендвич-панелей. веб-сайт. URL: <https://www.termobud.lviv.ua/ru/> (дата звернення: 22.09.2020)
45. Технологія Термодом. веб-сайт. URL: <http://aspp.com.ua/ru/> (дата звернення: 22.09.2020)
46. Что такое ТЕРМОДОМ? Технология ТЕРМОДОМ недостатки. веб-сайт. URL : <http://pro-dom.com.ua> (дата звернення: 22.09.2020)
47. МДМ панель - новое слово в строительстве. веб-сайт. URL: <http://proxima.com.ua> (дата звернення: 22.09.2020)