

(повне найменування вищого навчального закладу)
факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
 (назва факультету)
кафедра електричної інженерії
 (повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній ступінь, освітньо-кваліфікаційний рівень)

На тему:

Підвищення енергетичних параметрів будівель за рахунок забезпечення теплової надійності огорожувальних конструкцій

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи ЕМм-61
спеціальності 141 "Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка"
(шифр і назва спеціальності, напряму підготовки)

Наконечный Н.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Тарасенко М.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Габрусєва І.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра електричної інженерії

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Тарасенко М.Г.

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Наконечному Назарію Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення енергетичних параметрів будівель
за рахунок забезпечення теплової надійності
огорожувальних конструкцій

Керівник роботи Тарасенко Микола Григорович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 23 серпня 2019 року № 4/7-731

2. Термін подання студентом роботи 10 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи матеріали науково-практичних конференцій, семінарів, періодичних
видань, теоретичні та методичні розробки вчених, статистичні дані, підручники, довідники,
монографії, матеріали науково-дослідницької та переддипломної практик, ресурси мережі
Інтернет, особисті спостереження автора.

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	д.т.н., проф. Тарасенко М.Г.		
Обґрунтування економічної ефективності	д.е.н., проф. Малиута Л.Я.		
Охорона праці	к.т.н., доц. Гурик О.Я.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		
Екологія	к.т.н., доц. Лясота О.М.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Коваль В.П.		

7. Дата видачі завдання

2 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком дипломної роботи магістра	05.09.19 – 30.09.19	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки	01.10.19 – 31.10.19	
	дипломної роботи		
3	Підготовка розділу «Спеціальна частина»	01.11.19 – 05.11.19	
4	Підготовка розділу «Обґрунтування економічної ефективності»	06.11.19 – 10.11.19	
5	Підготовка розділу «Охорона праці»	11.11.19 – 15.11.19	
6	Підготовка розділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»		
7	Підготовка розділу «Екологія»	16.11.19 – 20.11.19	
8	Складання переліку використаних літературних джерел	21.11.19 – 25.11.19	
9	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	26.11.19 – 30.11.19	
10	Підготовка, оформлення та друк графічного матеріалу	01.12.19 – 05.12.19	
	дипломної роботи (креслень формату А1, слайдів)		
11	Отримання відгуку та рецензії на дипломну роботу,	06.12.19 – 10.12.19	
	підготовка доповіді на захист		

Студент

(підпис)

Наконечний Н.Я.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Тарасенко М.Г.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дана дипломна робота магістра містить у собі: 97 сторінок, 39 ілюстрацій, 6 таблиць, 8 використаних першоджерел, 22 листи креслень (слайдів).

Об'єкт дослідження – огорожувальні конструкції будівель.

Предмет дослідження – фізичні процеси, що впливають на теплотехнічні параметри, теплофізичні характеристики та показники довговічності й надійності огорожувальних конструкцій.

Мета роботи – підвищення енергетичних параметрів будинків при новому будівництві та реконструкції за рахунок забезпечення теплової надійності огорожувальних конструкцій.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні основ забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності їх теплоізоляційної оболонки з встановленням критеріїв їх оцінювання та поліпшення експлуатаційних властивостей.

Практичне значення результатів: сформульовано принцип визначення конструктивного рішення тепло-ізоляційної оболонки будинків на підставі її теплової надійності та розроблений метод оцінки показників теплової надійності, що дозволяє прогнозувати експлуатаційні характеристики огорожувальних конструкцій та будівельних виробів і забезпечувати необхідні рівні енерговитрат будинків.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, будинок, тепла надійність, огорожувальні конструкції.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Наконечний Н.Я.			РЕФЕРАТ			
Перевірив		Тарасенко М.Г.						
Консульт.		Тарасенко М.Г.						
Н. контр.		Коваль В.П.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів	
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61			

ЗМІСТ

ВСТУП	6
-------------	---

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	9
------------------------------------	---

1.1. Енергетичні витрати в житлово-комунальному комплексі країни	9
---	---

1.2. Стан вивчення питань надійності та довговічності теплоізоляції будинків	14
--	----

1.3. Особливості науково-технічного напрямку з проектування енергоефективних будинків	16
---	----

1.4. Сучасні конструктивні принципи теплоізоляції будинків	19
--	----

1.4.1. Конструктивні рішення зовнішніх стін з фасадною суцільною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками	22
---	----

1.4.2. Конструктивні особливості фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком	24
--	----

1.4.3. Зовнішні стіни на основі цегли	26
---	----

Висновки до розділу 1	30
-----------------------------	----

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	31
---------------------------------	----

2.1. Методична структура проведення досліджень енергоефективності та теплової надійності будівельних об'єктів	31
---	----

2.2. Методика експериментальних досліджень огорожувальних конструкцій за їх тепловою безвідмовністю	33
---	----

2.3. Методика моделювання умов експлуатації при випробуваннях огорожувальних конструкцій в кліматичних камерах	46
--	----

2.4. Математична модель для опису теплового режиму будинків	51
---	----

2.5. Оптимізація опору теплопередачі конструктивних груп теплоізоляційної оболонки будинків	58
---	----

					<i>ДРМ 317.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ЗМІСТ</i>		
<i>Розробив</i>		<i>Наконечний Н.Я.</i>					
<i>Перевірив</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
						<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>
							<i>Аркушів</i>
					<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		

Висновки до розділу 2	64
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	65
3.1. Методи дослідження температурних полів огорожувальних конструкцій.....	65
3.2. Програмний пакет ELCUT	66
3.3. Програмний пакет ANSYS.....	69
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	70
4.1. Оцінка терміну окупності витрат на створення будівельних конструкцій з підвищеними показниками теплоізоляції	71
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	77
5.1. Вимоги безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт	77
5.2. Вимоги безпеки при виконанні штукатурних робіт.....	79
5.3. Пожежна безпека будівель та споруд	81
РОЗДІЛ 6. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	83
6.1. Класифікація небезпек та їх системний аналіз	83
6.2. Безпека населення у надзвичайних ситуаціях	86
РОЗДІЛ 7. ЕКОЛОГІЯ	89
7.1. Екологічний ефект підвищення вимог до теплотехнічних показників ізоляційної оболонки будинків	89
7.2. Екологія будівельних матеріалів	91
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми. Вирішення проблеми енергозбереження багато в чому визначає строки виходу України із тривалої економічної кризи. Максимальна економія енергії знижує залежність від країн-постачальників паливно-енергетичних ресурсів, зменшує енергоемність національних товарів. Будівельна галузь національної економіки є традиційно затратною в енергетичному відношенні із значними витрати енергії, як для створення об'єкту будівництва – будинку або споруди, так і на його експлуатацію на протязі всього життєвого циклу.

Існуючий фонд вітчизняних будинків в основному був створений у післявоєнні радянські роки, коли при проектуванні та будівництві будинків в першу чергу заощаджували початкові витрати, а енергетичні експлуатаційні витрати у розрахунках кінцевої ефективності приймалися як вторинні показники. Зміна технологічних умов опалення будинків, що обумовлена необхідністю максимального енергозбереження, привела до виникнення в масовому порядку дискомфортних умов експлуатації житлових будинків – наявності низьких температур повітря, підвищеної вологості, канцерогенних грибкових утворень на внутрішній поверхні конструкцій та у повітрі приміщень. Ці питання вимагають негайного вирішення через величезну соціальну значимість і для рішення проблеми енергозбереження при аналізі експлуатаційних властивостей будинків слід забезпечувати їх енергоефективність.

За останні 5-7 років кардинально змінився конструктивно-технологічний парк, що застосовується при новому будівництві та при реконструкції.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив		Наконечний Н.Я.					
Перевірив		Тарасенко М.Г.					
Консульт.		Тарасенко М.Г.					
Н. контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера		
					Аркуш		
					Аркушів		

В масовому порядку приймаються принципово нові технічні рішення теплоізоляції будинків і споруд, використовуються новітні технології та матеріали. Це потребує суттєвої реформації методології проектування з встановленням правил розробки сучасних конструктивних рішень та вимог до них з урахуванням особливостей розвитку як технічної бази, так і економічного стану держави. Підставою для проведення відповідного реформування є здійснення досліджень за енергетичними параметрами сучасних енергозберігаючих конструктивних рішень будинків та аналіз досвіду їх застосування в практиці будівництва.

Дана дипломна робота міністра присвячена вирішенню проблеми забезпечення енергоефективності будинків та споруд за рахунок розробки основ системного аналізу огорожувальних конструкцій за характеристиками теплової надійності та енергоефективності будинків.

Об'єкт дослідження – огорожувальні конструкції будівель.

Предмет дослідження – фізичні процеси, що впливають на теплотехнічні параметри, теплофізичні характеристики та показники довговічності й надійності огорожувальних конструкцій.

Мета роботи – підвищення енергетичних параметрів будинків при новому будівництві та реконструкції за рахунок забезпечення теплової надійності огорожувальних конструкцій.

Для досягнення поставленої мети необхідно на основі досліджень процесів тепломасопереносу в сучасних огорожувальних конструкціях розробити технічні принципи забезпечення теплової надійності ізоляційної оболонки та енергоефективності будинків.

Методи дослідження: експериментальні дослідження тепломасопереносу в огорожувальних конструкціях; методи математичного моделювання процесів тепломасопереносу в огорожувальних конструкціях; методи оптимізації енергетичних витрат на створення теплоізоляційної оболонки та на експлуатацію будинків.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні основ забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності їх теплоізоляційної оболонки з встановленням критеріїв їх оцінювання та поліпшення експлуатаційних властивостей.

Практичне значення результатів: сформульовано принцип визначення конструктивного рішення тепло-ізоляційної оболонки будинків на підставі її теплової надійності та розроблений метод оцінки показників теплової надійності, що дозволяє прогнозувати експлуатаційні характеристики огорожувальних конструкцій та будівельних виробів і забезпечувати необхідні рівні енерговитрат будинків.

Особистий внесок дипломанта полягає в удосконаленні методів визначення теплофізичних властивостей будівельних матеріалів та виробів, теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій та теплоізоляційної оболонки.

Публікації. Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року, м. Тернопіль).

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Енергетичні витрати в житлово-комунальному комплексі країни

Україна має розвинуту структуру будинків і споруд – тільки житловий фонд становить близько 1 млрд.кв.м. Це є матеріальним надбанням країни, але в значній більшості існуючий фонд проектувався й будувався по принципам, коли енергозбереження тільки декларувалося, а фактично застосовувалися у практиці енергозатратні технології й конструктивні рішення. Нераціональні витрати енергії на опалення житлових і громадських будинків в певній мірі обумовлює і збільшення собівартості виробленої національної продукції, більшу енергоємність валового національного продукту (рис. 1.1) та існуючу низьку конкурентоспроможність вітчизняних товарів на світовому ринку (рис. 1.2).

Таким чином, енергетичні характеристики будинків формують як макроекономіку країни, так і структуру будівельної галузі, починаючи від номенклатури будівельних матеріалів і конструкцій, що пропонується учасниками вітчизняного будівельного ринку, і закінчуючи конструктивними особливостями кінцевого продукту цього ринку – будинків і споруд [1].

Житлово-комунальне господарство України є одним з найбільш енергоємних секторів національної економіки (рис. 1.3). В інших країнах також від 30 до 40 % від загальних витрат енергії витрачається при експлуатації житлового комплексу. Але структура цих витрат в нашій країні принципово інша [2].

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД		
Розробив	Наконечний Н.Я.						
Перевірив	Тарасенко М.Г.						
Консульт.	Тарасенко М.Г.						
Н. контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

В розвинутих країнах значна частка енергії витрачається на забезпечення комфорту життєдіяльності людини – підтримання нормальних температур як взимку, так і в теплу пору року (кондиціювання повітря більш енергоємний процес, ніж обігрівання), на роботу побутових приладів. В нашій країні переважна більшість енергії витрачається тільки на опалення приміщень при низькому ступені забезпечення комфортних теплових і вологісних параметрів. В загальній структурі споживання енергії в будівельному комплексі (рис. 1.4) основна частина витрачається на експлуатацію будинків. Із структури витрат енергії при експлуатації будинків (рис.1.5) однозначно випливає, що найбільший енергетичний ефект дає зниження витрат на опалення [3].

При вирішенні проблеми енергозбереження в будинках великий наголос робиться на встановленні систем та приладів обліку енергопостачання. Звичайно, облік є важливою часткою вирішення загальної проблеми. Але облік сам по собі не вирішує проблеми енергозбереження, а тільки дозволяє цивілізовано розраховуватися за отриману енергію [4].

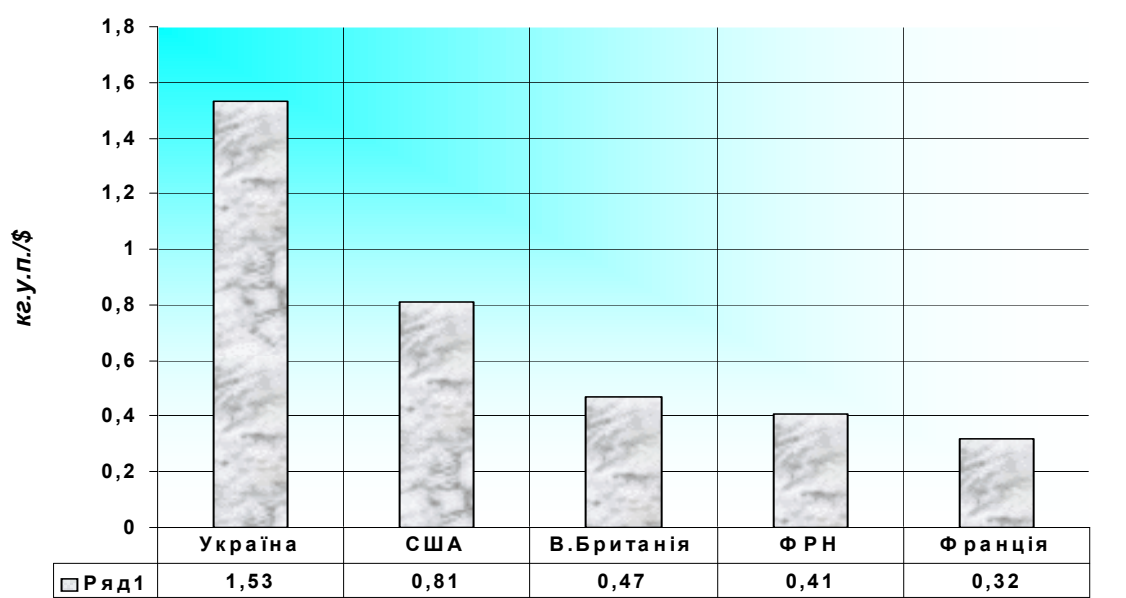


Рис. 1.1. Енергоємність одиниці національного прибутку у різних країнах

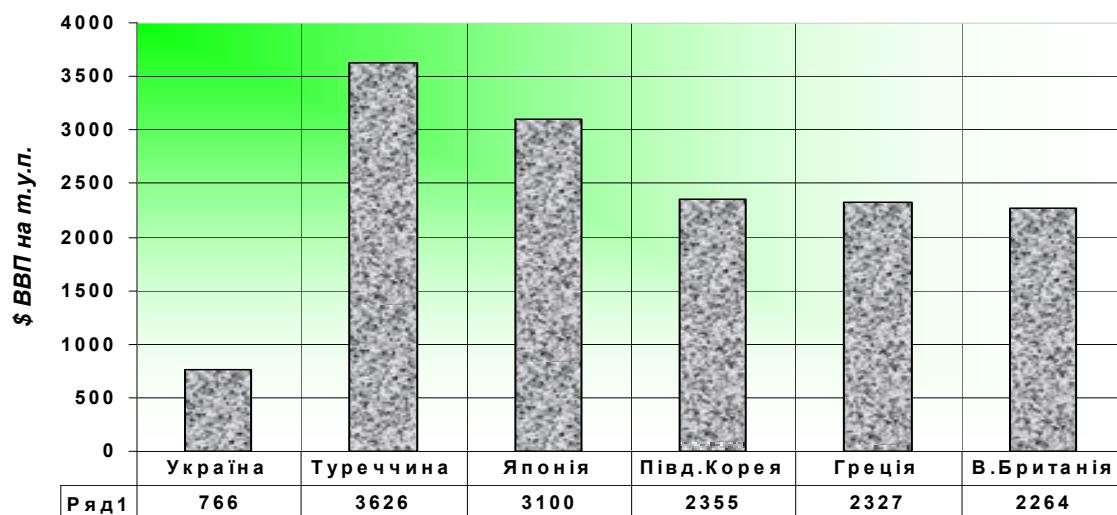


Рис. 1.2. Питоме виробництво валового продукту різних країн
на одиницю витраченого палива

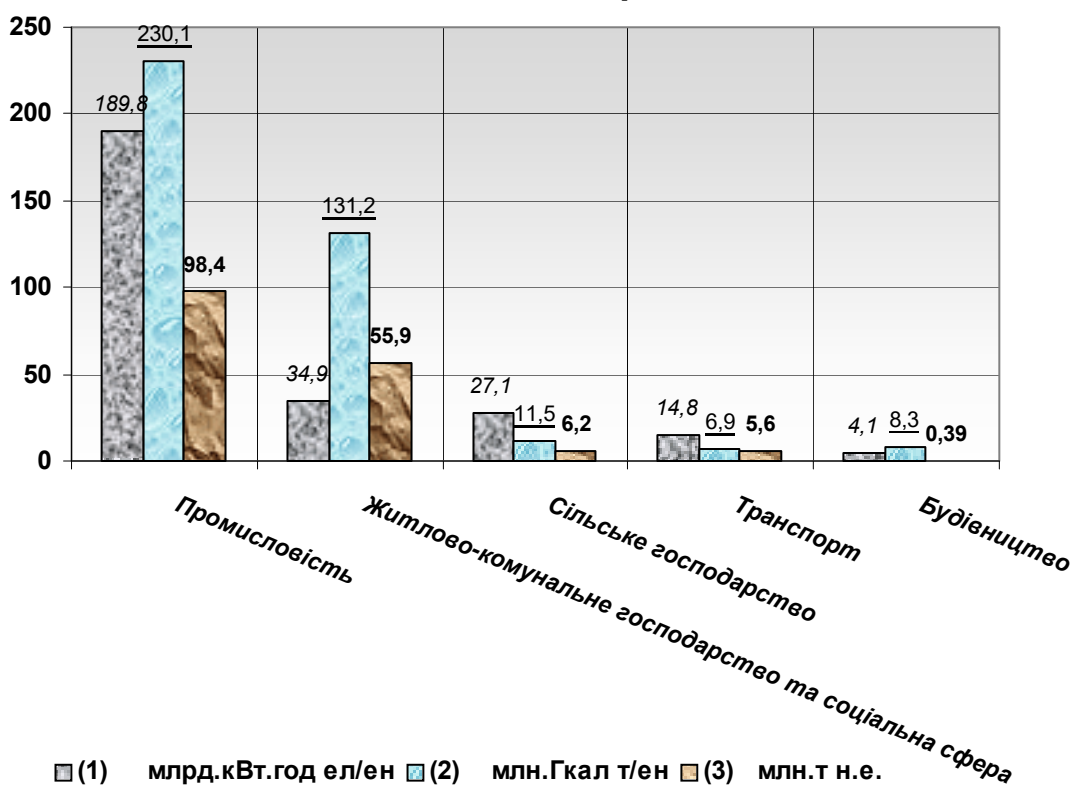


Рис. 1.3. Енергоспоживання основних секторів економіки України



Рис. 1.4. Структура споживання енергії в будівельному комплексі України

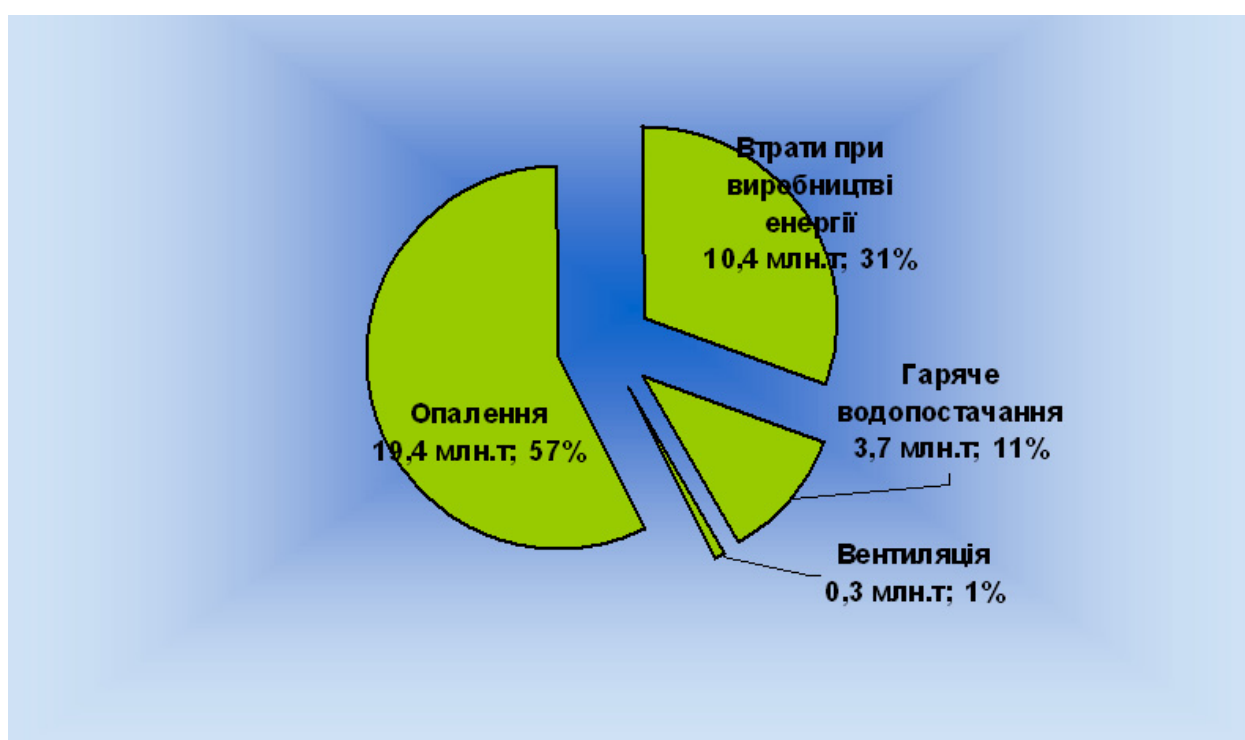


Рис. 1.5. Структура енерговитрат на теплопостачання житлових будинків

На рис. 1.6 наведені результати оцінки теплової ефективності енергозберігаючих заходів в будинках, яка свідчить про першочергову значимість підвищення рівня теплоізоляції будинків. Ефективність можливих

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

енергозберігаючих заходів у комунально-побутовому господарстві в державному масштабі перевищує можливу економію у таких традиційно енергоємних галузях як металургія, хімічна промисловість тощо (рис. 1.7).

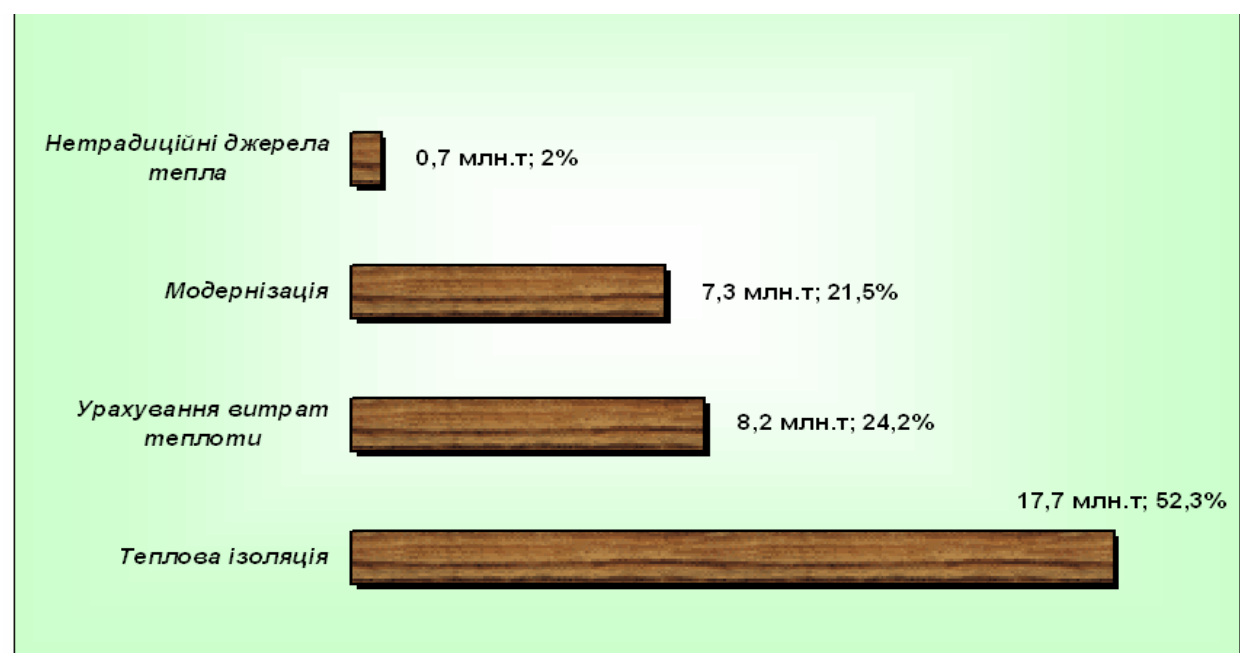


Рис. 1.6. Оцінка ефективності енергозберігаючих заходів в житлових та громадських будинках

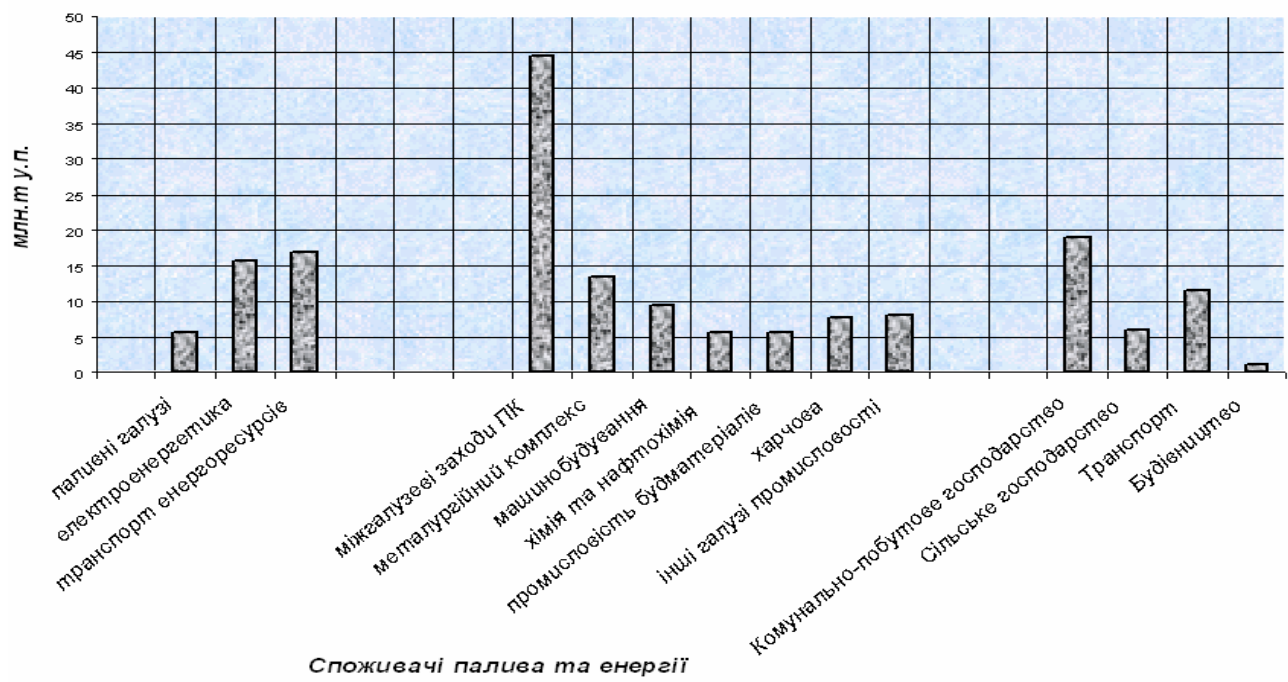


Рис. 1.7. Оцінка потенціалу енергозбереження в базових галузях економіки України

Таким чином, вирішення проблеми енергозбереження існуючого комплексу будинків та споруд є першочерговим національним завданням. При цьому найбільшу економію можна забезпечити завдяки підвищенню рівня теплоізоляції будинків.

1.2. Стан вивчення питань надійності та довговічності теплоізоляції будинків

Алгоритм усталеної практики проектування теплоізоляції будинків був наступним: встановлювались нормативні вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій за СНиП II-3-79 – визначались конструктивні параметри шарів огорожувальних конструкцій на підставі відомих даних по розрахунковим значенням теплофізичних властивостей матеріалів – виготовлялись дослідні зразки – проводились випробування дослідних зразків за чинними нормативними документами, за результатами яких вносились необхідні коригування в конструктивне рішення.

Цей алгоритм, навіть при його виконанні в повній мірі, а це за останні 15 років траплялось далеко не завжди через відсутність чіткого нормативного технічного регулювання, має суттєву концептуально-методичну ваду – без врахування залишаються процеси зміни показників огорожувальних конструкцій в часі. Всі перераховані вище стандарти передбачають випробування продукції зразу після її виготовлення. Наскільки результати цих випробувань будуть актуальними через кілька років експлуатації цієї продукції оцінити за результатами випробувань на підставі наведених методів неможливо. В той же час відомо, що кліматична деструкція матеріалів може приводити до значного погіршення їх, насамперед, теплоізоляційних характеристик. Крім того, перераховані стандартні методи були орієнтовані на випробування конструкцій, що використовувалися в 80-х роках минулого сторіччя (особливо це стосується методів), що потребує їх

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

перегляду та удосконалення.

Таким чином, при проектуванні огорожувальних конструкцій необхідно визначати та оцінювати показники їх довговічності за теплоізоляційними властивостями.

Сучасний будинок є складною технічною системою і це визначення відноситься до характеристик енергоефективності будинку, що потребує системного розгляду з розробкою принципів оцінювання показників експлуатаційної надійності системи.

Теорія надійності, як наука, виникла в США і в 60-80 роки минулого сторіччя була розвинута роботами радянських та іноземних вчених, в тому числі українських фахівців в цій галузі. Свій розвиток ця галузь науки отримала при проектуванні будівельних конструкцій, коли було сформульовано концепцію відмови, як переходу в граничний стан конструкції з імовірним розподіленням навантажень та опору матеріалів.

При оцінюванні надійності будівельних конструкцій ключовими є визначення понять граничного стану, перехід об'єкту до якого обумовлює тимчасове або повне зупинення його експлуатації, та відмови – події порушення працездатного стану об'єкту під впливом різних факторів, що мають в більшості випадковий характер. Якщо поняття граничного стану та відмови чітко визначені для несучих конструкцій, то для теплоізоляційних виробів та конструкцій необхідно вводити відповідні критерії теплових відмов з обґрунтуванням фізичних ознак, за якими слід встановлювати факт їх виникнення. При цьому слід встановити характер розвитку та взаємозв'язок параметрів, що приводять до теплових відмов конструкцій та виробів.

Єдиного тлумачення терміну надійність в світі не існує і відповідно для характеристики цієї властивості об'єктів дослідження можуть застосовуватися як статистичні методи, так і методи детермінованого факторного аналізу, коли вивчається вплив факторів, зв'язок яких з

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

результативним показником має функціональний характер.

При розгляді експлуатаційної надійності будинків характеристиками є довговічність, безвідмовність, ремонтоздатність.

Методика визначення довговічності була розроблена для стін з ніздрюватих бетонів та інших бетонних конструкцій і дозволяла проводити оцінку цього показника для одношарових конструкцій, що виконували як несучі, так і теплоізоляційні функції. В основу цього методу були покладені розробки з виникнення напруженого стану в матеріалах при кріогенних фазових перетворюваннях води в його товщі. Фазові перетворювання води в пористих матеріалах лід $\leftrightarrow$ рідина залежать не тільки від температури, але і від структури пор матеріалу, його вологості, а також напрямлення процесів охолодження або нагрівання.

Таким чином, для проведення оцінки довговічності огорожувальних конструкцій необхідно визначати вологісний її стан в експлуатаційних умовах при коливаннях сезонних температур на підставі експериментальних досліджень або математичного моделювання процесів тепломасопереносу з урахуванням коливання температур в межах одного сезону при переході температури зовнішнього повітря через 0 °С.

1.3. Особливості науково-технічного напрямку з проектування енергоефективних будинків

Проблема енергозбереження є глобальною проблемою і її вирішенню приділяється максимальна увага в багатьох країнах світу. Світова енергетична криза 70-х років привела до появи нового науково-експериментального напрямку в будівництві, пов'язаного з проектуванням будинків з ефективним використанням енергії. Реалізація нового напрямку полягає у забезпеченні сумарного ефекту енергозбереження від використання архітектурних і інженерних конструктивних рішень, що забезпечують

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

максимальну економію енергетичних ресурсів.

З часом змінювався і розширювався об'єкт вивчення – ефективність використання енергії при забезпеченні життєдіяльності будівлі. Якщо на самому початку будівництва енергоефективних будівель – до початку 90-х років, основну увагу приділяли вивченню заходів щодо економії енергії, то вже в середині 90-х років центр тяжіння переноситься на вивчення проблеми ефективності використання енергії, і пріоритет віддається тим інженерним конструктивним рішенням, які одночасно не тільки знижують енергоспоживання, але і сприяють підвищенню якості мікроклімату.

Важлива увага приділяється директивним вимогам до енергоефективності будинків. Європейським Парламентом та Радою ЄС була прийнята Директива 2002/91/ЄС, яка набрала чинності з першого січня 2003 року. Її головною метою є реалізація потенціалу економії енергії, який оцінюється в 50 % від існуючих витрат, а також зниження викидів CO₂ в атмосферу на 45 млн. тон в рік. У Директиві прописані загальні умови методології розрахунку енергоефективності і мінімальні вимоги до показників енергоефективності для нового будівництва та реконструкції, а також особлива увага приділяється енергетичній сертифікації (енергетичній паспортизації) будівель.

Методологія проектування енергоефективних будівель полягає в системному аналізі або дослідженню операцій, направленому на пошук альтернативних рішень та кількісного обґрунтування оптимальних їх варіантів. Будинок розглядається як єдина енергетична система, що складається з незалежних підсистем:

- зовнішній клімат, як джерело енергії, так і як об'єкт, від якого слід захищати (ізолювати) будинок;
- будинок, як комплекс інженерних підсистем, енергетично пов'язаних між собою.

Дослідження операцій включає:

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- побудову математичної моделі формування теплового режиму приміщень;
- вибір цільової функції, яка встановлює умови обмеження, і формулювання задачі оптимізації;
- рішення поставленої оптимізаційної задачі.

Математична модель повинна включати можливість оцінки температурного стану приміщень з урахуванням особливостей його формування внаслідок процесів масообміну та енергетичної взаємодії з навколишнім середовищем.

Цільова функція встановлює мету оптимізації – зниження витрат енергії на опалення будинку, або зниження встановленої потужності інженерного обладнання, зниження витрат енергії на кліматизацію в річному циклі, зниження приведених енергетичних витрат на створення та експлуатацію будинку, як єдиної енергетичної системи, тощо. Відповідно до поставленої цільової функції вибирається метод рішення оптимізаційної задачі.

Схема взаємодії елементів будинку, як енергетичної системи, наведена на рис. 1.8. Основний вплив на формування теплового режиму і, відповідно, енергетичного статусу будинку (енергетичних витрат на забезпечення необхідного теплового режиму) здійснює його теплоізоляційна оболонка. Від властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми опалення.

Об'ємно-планувальне рішення будівлі та конструктивні принципи теплоізоляційної оболонки обумовлюють ступінь корисного використання енергії сонця при кліматизації внутрішнього простору будинку. Крім того, як наведено на рис. 1.6, саме ця підсистема має найбільший потенціал в підвищенні енергоефективності будинків житлового та громадського призначення.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

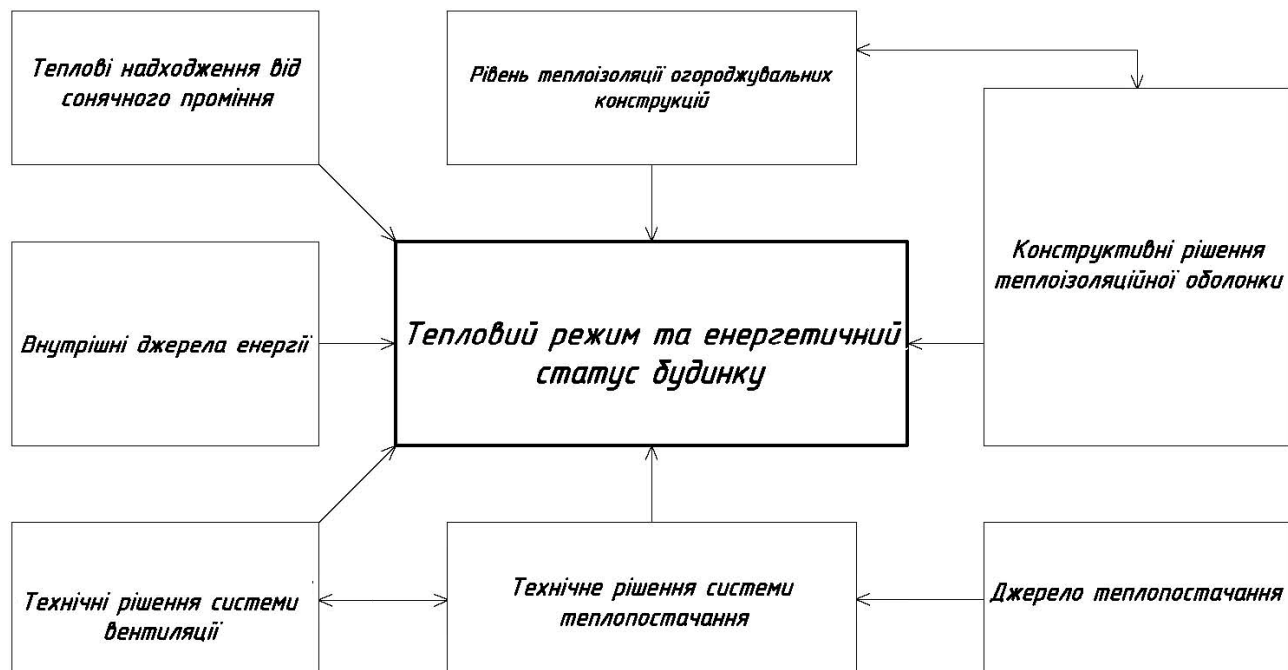


Рис. 1.8. Схема енергетичної взаємодії основних підсистем будинку

Таким чином, першим і найбільш значимим етапом підвищення енергоефективності будинків при новому будівництві та їх реконструкції є удосконалення енергетичної підсистеми теплоізоляційної оболонки. Які цільова функція встановлюється завдання оптимізації цієї енергетичної підсистеми за енергетичними витратами на її створення та подальшу експлуатацію будівлі при забезпеченні необхідного теплового режиму в її приміщеннях.

1.4. Сучасні конструктивні принципи теплоізоляції будинків

Комплексний розгляд огорожувальних конструкцій як єдиної системи, що складається з взаємозалежних в тепловому відношенні елементів, які в комплексі визначають енергоефективність будинку в цілому, дозволяє здійснювати відповідну оптимізацію конструктивних рішень при забезпеченні альтернативного проектування. Теплоізоляційна оболонка складається з непрозорих та світлопрозорих конструкцій. За

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

конструктивними ознаками теплоізоляційна оболонка складається з огорожень підпілля та фундаменту, зовнішніх стін, перекриттів, покриттів та даху. Тепловий баланс багатоповерхових будинків в основному визначається теплоізоляційними властивостями зовнішніх стін, тому більш детально розглянемо сучасні конструктивні рішення фасадної теплоізоляції житлових та громадських будинків, що застосовуються у новому будівництві та при реконструкції.

Сучасні огорожувальні стінові конструкції є переважно багатошаровими і складаються з теплоізоляційного шару і захисних міцних та щільних шарів. При визначенні конструктивного принципу багатошарових зовнішніх стін слід насамперед виділити два конструктивних рішення – розміщення теплоізоляції з внутрішнього боку щільного шару або з його зовнішнього боку. Опір теплопередачі не залежить від місця розміщення матеріалу (якщо не враховувати залежність теплопровідності матеріалу від температури). Відмінність формування вологісного режиму конструкцій – це кардинальна його залежність від зміни місця розташування шарів матеріалів.

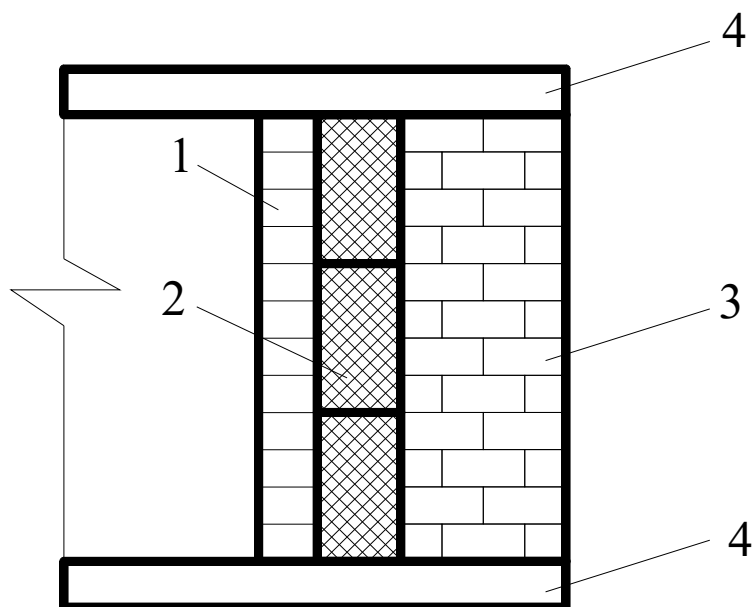


Рис. 1.9. Конструктивне рішення стіни з внутрішнім утепленням

1 – внутрішній оздоблюваний шар; 2 – теплоізоляційний плитний або блочний шар; 3 – зовнішній шар з цегли, бетону, каменів;
4 – плити перекриття

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ще 10 років тому доводилося витрачати багато зусиль для доказів недопустимості використання цього конструктивного рішення. Ми не будемо зупинятися на вадах цього конструктивного рішення, а розглядатиме тільки конструкції, що дозволяють забезпечувати необхідну теплову надійність при експлуатації будинків.

До обґрунтованих за закономірностями формування тепловологісного стану в процесі експлуатації, коли відсутнє прогресуюче накопичення вологи в товщі конструкції, відносяться зовнішні стіни з фасадною теплоізоляцією. Такі конструкції складаються з несучої частини та фасадної теплоізоляції.

Існують два принципових конструктивних рішення фасадної теплоізоляції – конструкції суцільні та з вентильованим повітряним прошарком. Саме наявність такого конструктивного елементу, як вентильований повітряний прошарок, обумовлює експлуатаційні характеристики виробів та вимоги до них з точки зору забезпечення теплової надійності та пожежної безпеки.

В суцільних конструкціях теплоізоляції всі шари послідовно і безперервно утворюють суцільну збірну систему. В конструкціях теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком конструктивне рішення передбачає з боку зовнішньої поверхні теплоізоляційного шару утворення повітряного прошарку з обов'язковим забезпеченням за рахунок конструктивних елементів системи його вентиляції.

У вітчизняній практиці застосовуються такі конструктивно-технологічні рішення зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією:

- з опорядженням штукатуркою або штучними елементами, в яких теплоізоляція є навісною і скріпленою з основою стіни і захисним шаром;
- з опорядженням цеглою або стіновими каменями, в яких теплоізоляція є самонесучою і встановлюється з повітряним прошарком між її зовнішньою поверхнею та захисним шаром з цегли або стінових каменів;
- з вентильованим повітряним прошарком, в яких теплоізоляція є

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

навісною на несучій частині стіни і розміщується з утворенням повітряного прошарку між її зовнішньою поверхнею та опоряджувальним шаром з непрозорих тонкостінних індустріальних елементів;

– з опорядженням прозорими індустріальними елементами, в яких теплоізоляція може бути навісною або самонесучою і встановлюється з повітряним прошарком між її зовнішньою поверхнею та світлопрозорим зовнішнім шаром.

1.4.1. Конструктивні рішення зовнішніх стін з фасадною суцільною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками

Конструкції фасадної теплоізоляції стін з опорядженням штукатуркою або штучними елементами по принципу сприйняття навантажень підрозділяються на легкі штукатурні, в яких теплоізоляційний шар збірної системи є несучим і сприймає всі навантаження й впливи, та важкі штукатурні конструкції, в яких теплоізоляційний шар системи не є несучим або сприймає навантаження стиску, а всі інші навантаження й впливи, що діють в процесі експлуатації, сприймаються арматурною сіткою й анкерними пристроями (рис. 1.10). У вітчизняній практиці більш широко використовується перший вид, що обумовлено в основному тільки економічними показниками, за показником надійності, як показано нижче, більш привабливими є важкі штукатурні збірні системи [5].

Як теплоізоляційний шар використовуються плити з мінеральної вати, зі скляного штапельного волокна, плити з пінополістиролу або інших спінених пластичних матеріалів (пінополіуретану, полівінілхлориду тощо), спінені пластичні матеріали, що наносяться на поверхню стіни шляхом торкретування.

Від вибору матеріалу теплоізоляційного шару залежать енергетичні властивості будинку протягом всього терміну його експлуатації, тому аналізу

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

фізичних характеристик цього шару надається основна увага. Вироби з волокнистих теплоізоляційних матеріалів – мінеральної вати або скляного штапельного волокна, в найбільшій мірі мають необхідні характеристики для теплоізоляційного шару цих систем – низьку теплопровідність, високу паропроникність, достатню міцність, необхідну протипожежність та довговічність [6].

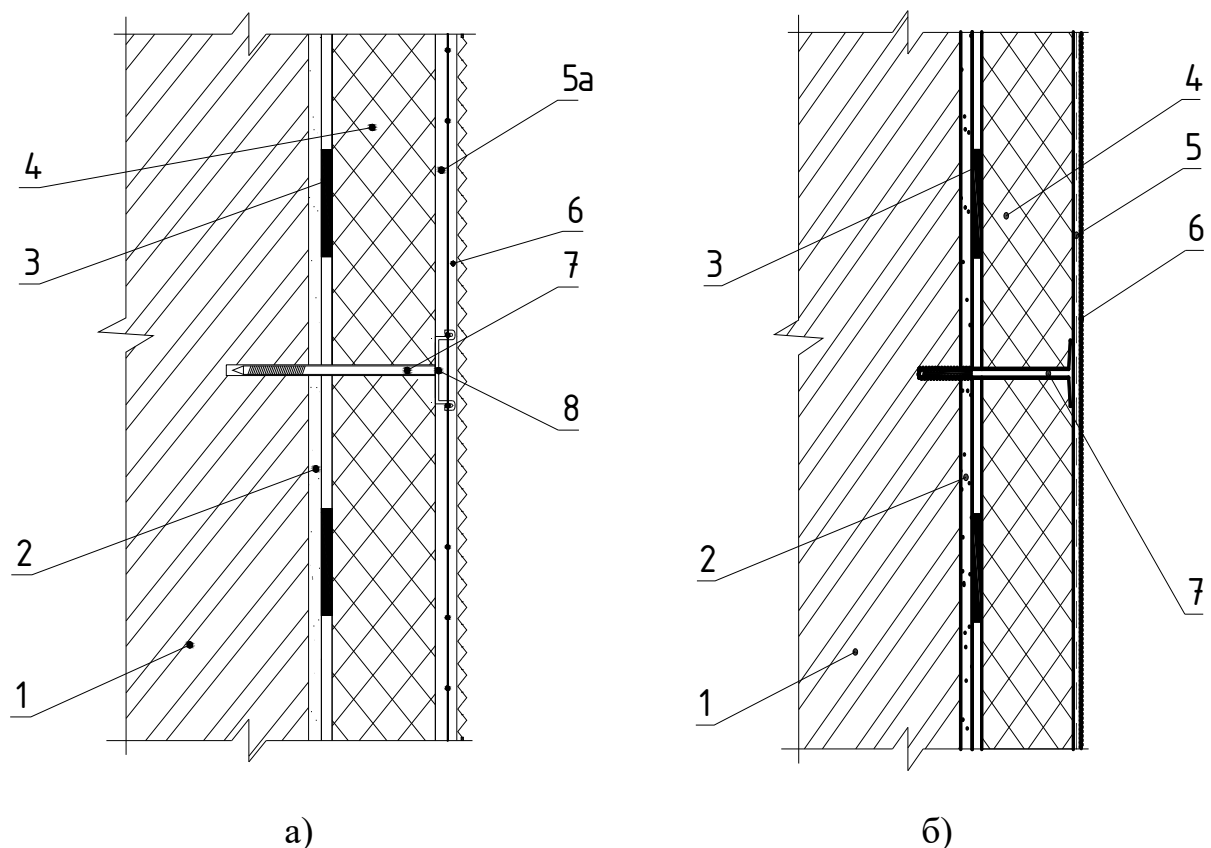


Рис. 1.10. Конструктивна схема зовнішньої стіни з фасадною суцільною теплоізоляцією з опорядженням масивними (а) та легкими тонкошаровими (б) штукатурками

1 – несуча частина стіни; 2 – вирівнюючий штукатурний шар; 3 – клейовий шар; 4 – шар теплової ізоляції (утеплювач); 5 – захисний шар армований сіткою (5а - металевою); 6 – опоряджувальне покриття; 7 – фіксатор металевої сітки; 8 – елемент механічного кріплення утеплювача

В той же час, у вітчизняній практиці найбільш широко застосовують у названих системах пінополістирол. Цей матеріал є ефективним теплоізолятором, але він горючий і нестійкий до циклічних кліматичних впливів.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Основною вимогою до опоряджувального шару є забезпечення захисту теплоізоляційного шару від кліматичних впливів зовнішнього повітря. До додаткових функцій відносяться естетичні та архітектурні. При цьому зовнішній опоряджувальний шар повинен бути стійким до кліматичних впливів, водонепроникним, але паропроникним, сприймати температурні та вологісні деформації спільно з теплоізоляційним шаром і його вибір повинен обґрунтовуватися теплофізичними характеристиками та показникам надійності. В той же час, як показують результати досліджень експлуатаційних характеристик в конструкціях суцільної теплоізоляції, випадки фіксування відмов є досить поширеними [7].

1.4.2. Конструктивні особливості фасадної теплоізоляції з вентиляованим повітряним прошарком

За типом опоряджувальних тонкостінних елементів конструкції підрозділяються на опорядження з плитних металевих елементів або на основі цементно-волокнистих матеріалів (рис. 1.11, а); з дрібноштучних керамічних або із дрібнозернистого бетону та каменю елементів (рис. 1.11, б). Основне призначення опоряджувальних елементів – захист теплоізоляційного шару від кліматичних впливів та надання відповідного архітектурного вигляду будинків. Довговічність цих елементів значно вища, ніж теплоізоляційного шару, тому спеціального аналізу їх властивостей можна не проводити. Конструкції фасадної теплоізоляції з вентиляованим повітряним прошарком по принципу організації руху повітря у прошарку підрозділяються на слабо вентиляовані та вентиляовані. Саме повітряний прошарок, який забезпечує відповідні експлуатаційні властивості конструкції в цілому, є основним конструктивним елементом цього конструктивного принципу, тому необхідно визначити, що є вентиляованим повітряним прошарком і які особливості конструктивних параметрів цього елементу системи [8].

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

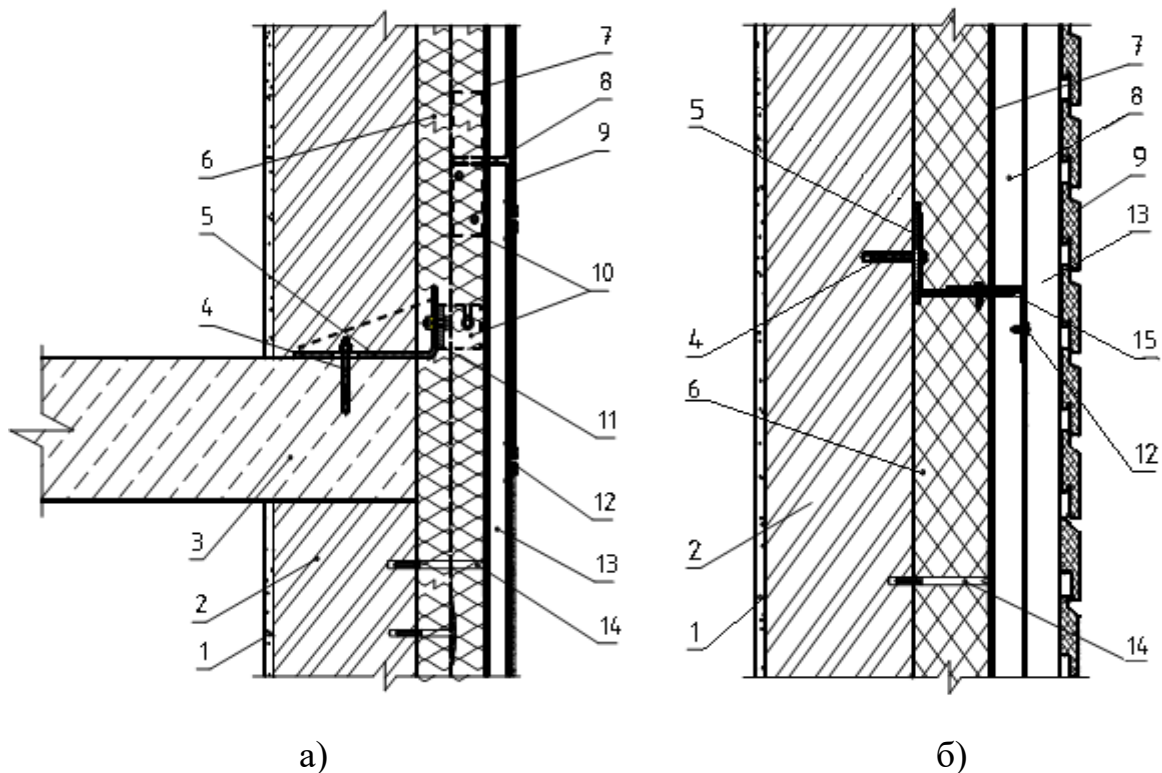


Рис. 1.11. Конструктивні схеми зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією з вентиляльованим повітряним прошарком та опорядженням із непрозорих тонкостінних плитних елементів (а) або штучних елементів (б)

- 1 – внутрішня штукатурка; 2 – несуча частина стіни; 3 – плита перекриття;
 4 – анкер клиновий; 5 – кронштейн; 6 – шар теплової ізоляції;
 7 – вітрозахисна мембранна плівка; 8 – повітряний вентиляльований прошарок;
 9 – індустріальні личкувальні елементи; 10 – з'єднувальні елементи;
 11 – прокладка; 12 – клямер; 13 – стояк; 14 – елемент механічного кріплення утеплювача; 15 – ригель

Вентиляльований повітряний прошарок є конструктивним елементом системи, який створюється між теплоізоляційним шаром та личкувальним шаром для запобігання вологонакопиченню в товщі конструкцій, видалення вологи із товщі конструкцій за рахунок організації руху повітря в прошарку, що створюється при відповідних геометричних розмірах вентиляційних отворів у личкувальному шарі.

Незважаючи на те, що повітряні прошарки широко використовуються у практиці будівництва, питання оптимальних їх параметрів потребують досліджень та уточнення. Методи визначення цих параметрів висвітлені в

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 317.18.00.000 ПЗ				

роботах литовських, російських та білоруських дослідників. Аналіз результатів цих досліджень дозволив встановити, що вентиляльованим повітряним прошарком є такий повітряний прошарок в конструкції, де площа вентиляційних отворів у личкувальному шарі не менше 1500 мм² на один квадратний метр площі стіни. Слабо вентиляльованим повітряним прошарком є повітряні прошарки в конструкції, де площа вентиляційних отворів у личкувальному шарі складає від 500 мм² до 1500 мм², а невентильованим – де площа вентиляційних отворів у личкувальному шарі складає менше 500 мм² на один квадратний метр стіни.

Вентильовані повітряні прошарки мають бути завтовшки не менше ніж 40 мм і не більше ніж 150 мм. Оптимальна товщина вентиляльованого повітряного прошарку у стінах становить від 60 мм до 100 мм. Поверхню теплоізоляції, що повернена у бік вентиляльованого прошарку, потрібно захищати повітрогідрозахисним шаром. Система з повітряним вентиляльованим прошарком має особливі вимоги пожежної безпеки по негорючості, що обумовлює застосування тільки матеріалів на основі плит із мінеральної вати або плит із скляного штапельного волокна.

За типом повітрогідрозахисного шару конструкції поділяються на системи з повітрогідрозахисною плівкою та вітрозахисним шаром з волокнистого щільного матеріалу з гідрофобною поверхнею. Цей елемент конструкції є одним з найбільш важливих з точки зору забезпечення експлуатаційних властивостей збірних систем в цілому, тому для визначення надійності цих рішень слід проводити спеціальні дослідження.

1.4.3. Зовнішні стіни на основі цегли

Досить широко у вітчизняній практиці домобудування використовуються зовнішні стіни з опоряджувальним шаром з цегли. Це обумовлено архітектурною та зовнішньою привабливістю стін з цегли, традиційною

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

довірою мешканців до гігієнічних властивостей цегли з глини та кераміки. Необхідні теплоізоляційні властивості можливо забезпечити при використанні цегли за трьома конструктивними принципами – виконання стін з вентиляльованим повітряним прошарком, використання керамічних блоків з замкненими порожнинами та стін на основі колодязної кладки.

До конструктивних рішень, що відносяться до найбільш обґрунтованих з точки зору формування нормального вологісного експлуатаційного режиму, відносяться стіни з вентиляльованим повітряним прошарком між зовнішнім личкувальним шаром з цегли та утеплювачем. Конструктивно такі стіни складаються з жорсткого плитного утеплювача, повітряного прошарку, личкувального шару з цегли або стінових каменів, консольних бетонних поясів або кронштейнів, дискретних коннекторів (рис. 1.12).

Як теплоізоляційний шар в цих системах використовуються плитні вироби із мінеральної вати, скляного штапельного волокна, з легких бетонів або ніздрюватих бетонів. Зовнішній шар виготовляють із цегляної кладки у $\frac{1}{4}$ цеглини, $\frac{1}{2}$ цеглини або в 1 цеглину.

Вимоги до повітряного прошарку визначаються фізичними характеристиками, насамперед паропроникністю та теплопровідністю інших шарів конструкції (рис. 1.12) співвідношенням цих характеристик між шарами 1, 2, 6 та шаром 8. В залежності від цього співвідношення повітряний прошарок повинен бути вентиляльованим або може бути слабо вентиляльованим чи невентильованим.

Для забезпечення нормального вологісного режиму найбільш оптимальним є застосування зовнішнього шару у $\frac{1}{4}$ цегли, однак у вітчизняній практиці для багатоповерхових будинків не завжди забезпечувалася надійна кладка навіть в $\frac{1}{2}$ цегли, тому в основному використовується зовнішній шар в одну цеглину. Таке рішення вже вимагає ретельного аналізу тепловологісного режиму конструкцій і визначення умов вентиляції повітряного прошарку.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

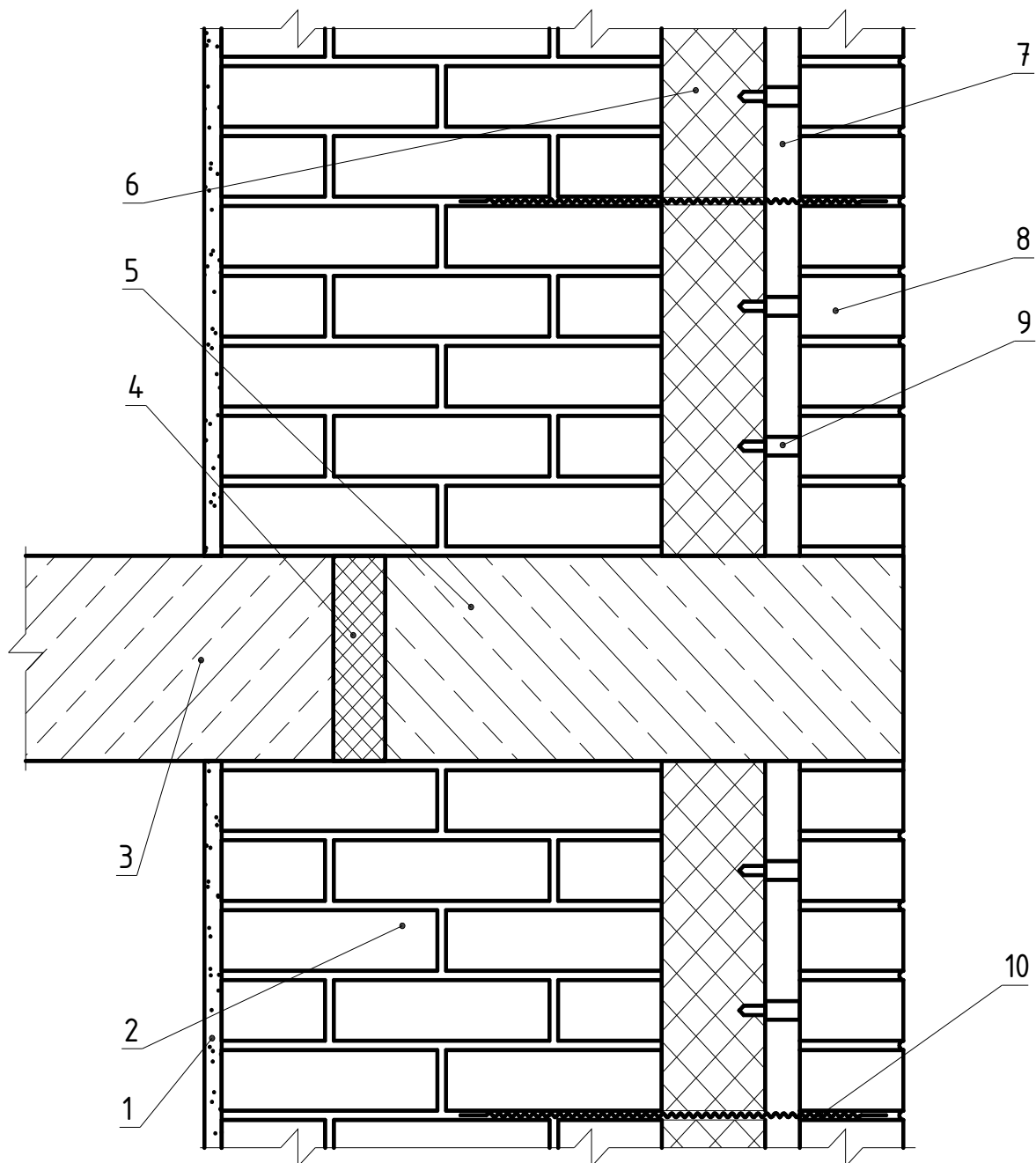


Рис. 1.12. Конструктивно-технологічна схема зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією з опорядженням цеглою з несучими і самонесучими зовнішніми стінами

1 – внутрішня штукатурка; 2 – несуча стіна; 3 – плита перекриття;
 4 – додатковий теплоізоляційний вкладиш; 5 – залізобетонний консольний пояс; 6 – шар теплової ізоляції; 7 – повітряний вентиляований прошарок;
 8 – лічкувальний шар з цегли або стінових дрібноштучних каменів з вентиляційними отворами у вертикальних швах; 9 – фіксатор утеплювача;
 10 – конвектори

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Конструкції стін на основі цегли, що зводяться по принципу колодязної кладки, є несучими; як утеплювач використовуються волокнисті матеріали, пінополістирольні плити, плити із ніздрюватих та легких бетонів, матеріали, що спінуються – в основному пінопласти на основі мочевіно-формальдегідних смол.

Останній вид теплоізоляції є дешевим по собівартості матеріалів та робіт, але матеріали мають високу початкову технологічну вологість, яка перевищує 150–200 % по масі, що з урахуванням значної товщини шарів кладки обумовлює значну тривалість видалення технологічної вологи із товщі конструкції. Крім того, ремонтоздатність цього конструктивного рішення є практично нульовою, а цей фактор є дуже важливим при оцінюванні теплової надійності огороджувальної конструкції.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 1

1. Необхідність проведення досліджень в галузі енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій обумовлена незадовільним енергетичним станом існуючого вітчизняного фонду житлових та громадських будинків.

2. Підвищення енергетичних показників будинків потребує встановлення та обґрунтування критеріїв оптимізації енергоефективності, створення комплексної системи оцінювання енергоефективності будинків при їх проектуванні, експлуатації та реконструкції.

3. При проектуванні теплоізоляції сучасних житлових та громадських будинків необхідно одночасно вирішувати дві принципові задачі – зниження енергетичних витрат на опалення та підвищення рівня забезпеченості теплового комфорту в приміщеннях.

4. В основу удосконалення методичної системи проектування та нормування теплотехнічних показників теплоізоляційної оболонки будинків слід покласти результати досліджень процесів тепломасопереносу в сучасних огорожувальних конструкціях, які направлені на встановлення принципів визначення та оцінки відмов за тепловими параметрами теплоізоляційної оболонки та її елементів.

5. Сучасні конструктивні рішення фасадної теплоізоляції будинків потребують детальних експериментальних досліджень за показниками надійності забезпечення необхідних теплоізоляційних властивостей у часі.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Методична структура проведення досліджень енергоефективності та теплової надійності будівельних об'єктів

Для розв'язання завдань покращення енергетичного стану існуючого житлового фонду вітчизняних будинків необхідно визначити методологію забезпечення відповідного мінімального рівня показників енергоефективності. Найбільш обґрунтованим системним підходом до вивчення характеристик енергоефективності будинків є послідовність рішення проблеми, коли в першу чергу забезпечуються показники підсистеми, яка в найбільшій мірі визначає загальні енергетичні характеристики загальної системи. Після досягнення відповідного конструктивно-енергетичного стану підсистеми, яку ми називаємо теплоізоляційна оболонка будинку, слід забезпечувати принципову зміну конструктивних принципів інших підсистем – вентиляції та опалення. Наступний етап – подальше підвищення енергетичних властивостей теплоізоляційної оболонки, які і обумовляють вимоги до взаємопов'язаних підсистем. Таким чином, основним напрямком досліджень є вивчення шляхів підвищення енергетичної ефективності теплоізоляційної оболонки будинків за рахунок удосконалення теплоізоляції будинків, встановлення оптимальних значень теплотехнічних показників конструктивних елементів теплоізоляційної оболонки, забезпечення показників теплового комфорту приміщень та теплової надійності конструкцій, оптимізації об'ємно-планувальних рішень будинків (рис. 2.1).

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата								
Розробив		Наконечний Н.Я.			ОСНОВНА ЧАСТИНА				Літера		Аркуш	Аркушів
Перевірив		Тарасенко М.Г.										
Консульт.		Тарасенко М.Г.										
Н. контр.		Коваль В.П.										
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.										
					ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМм-61							

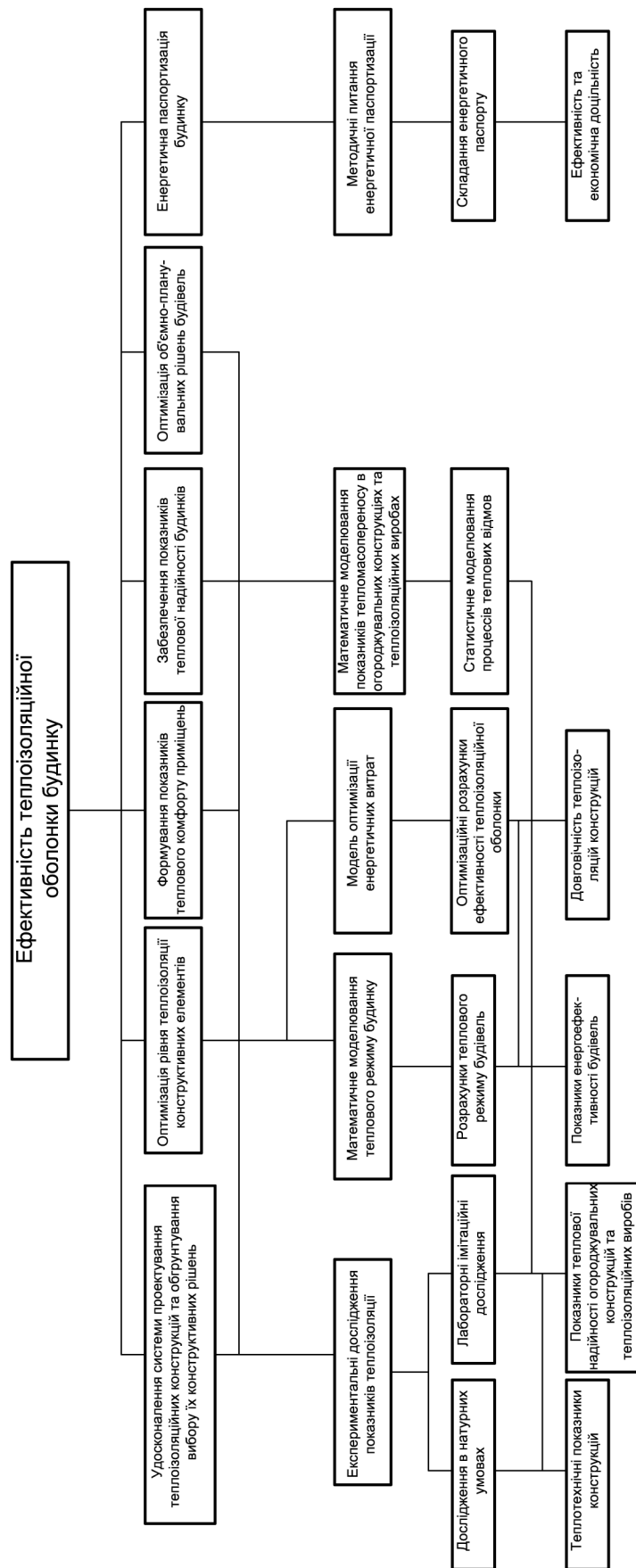


Рис. 2.1. Методичні положення рішення задачі забезпечення енергоефективності будинку

Першим кроком є експериментальні дослідження характеристик теплоізоляції конструктивних рішень теплоізоляційної оболонки типових багатоповерхових житлових та громадських будинків, що використовуються у вітчизняній практиці, на підставі чого визначаються системні недоліки теплоізоляції та розробляються загальні конструктивні принципи їх усунення.

На формування теплового балансу багатоповерхових будинків в найбільшій мірі впливає енергетично-конструктивні параметри фасадних огорожень, тому основна увага направлена на встановлення фактичних теплотехнічних показників зовнішніх стін. Експериментальні результати дозволяють здійснити обґрунтований вибір конструктивних принципів фасадних конструкцій, проводити аналіз їх експлуатаційних властивостей з подальшою оптимізацією їх теплотехнічних та енергетичних показників.

Теплова надійність огорожувальних конструкцій є обов'язковою характеристикою енергоефективності будинку – будинок не може бути ефективним в експлуатації з ненадійними в теплоізоляційному відношенні огорожувальними конструкціями. Такий підхід до розгляду енергоефективності потребує розробки нових методів експериментальної та теоретичної оцінки конструктивних рішень теплоізоляційної оболонки будинків.

2.2. Методика експериментальних досліджень огорожувальних конструкцій за їх тепловою безвідмовністю

Завдання, що ставилось при створенні методики, включало розробку методичних принципів експериментальної оцінки властивостей огорожувальних конструкцій, які застосовуються у новому будівництві та при реконструкції будівель, виконувати свої теплоізоляційні властивості в умовах експлуатації та при імітації розрахункових умов експлуатації. Вивчення властивостей конструкцій за показником її теплової надійності – теплової безвідмовності,

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

потребує внесення відповідних коректив в існуючі експериментальні методи визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.

Існуюча система вивчення теплотехнічних характеристик будинків передбачає дослідження окремих елементів їх теплоізоляції. Це обмежує можливості визначення загальних принципів формування енергетичних параметрів будинків. Тому, в основу наших досліджень був покладений системний принцип оцінки теплових показників будинків, який дозволяє оцінювати тепловий стан огорожувальних конструкцій та будинків в цілому, з подальшим аналізом отриманих результатів за показниками теплової надійності.

Дослідження проводилися в натурних умовах експлуатації будинків та в розрахункових умовах, які закладаються при проектуванні теплоізоляційної оболонки будинків, з використанням кліматичних камер. Методичний алгоритм натурних досліджень наведено на рис. 2.2, основною метою яких було визначення фактичних теплотехнічних характеристик теплоізоляційної оболонки та будівельних об'єктів в цілому та їх аналіз за наведеними вище принципами теплової надійності. Дослідження проводилися на будинках, що експлуатуються (рис. 2.3). Дослідження в розрахункових теплових умовах проводились в лабораторних камерних умовах за методичним алгоритмом, наведеним на рис. 2.4. Камерні випробування проводились на огорожувальних конструкціях з натуральними їх розмірами (рис.2.5-2.6).

В процесі досліджень визначались наступні теплофізичні характеристики теплоізоляційної оболонки будинків:

а) температурні поля внутрішньої та зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій з використанням контактних (рис. 2.5 а,б) та термографічних методів (рис. 2.7);

б) густина теплових потоків через характерні зони зовнішніх стін контактним методом (рис. 2.5 а,б) та неруйнівним (по тепловому принципу) методом дистанційного термографування (рис. 2.7 а);

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

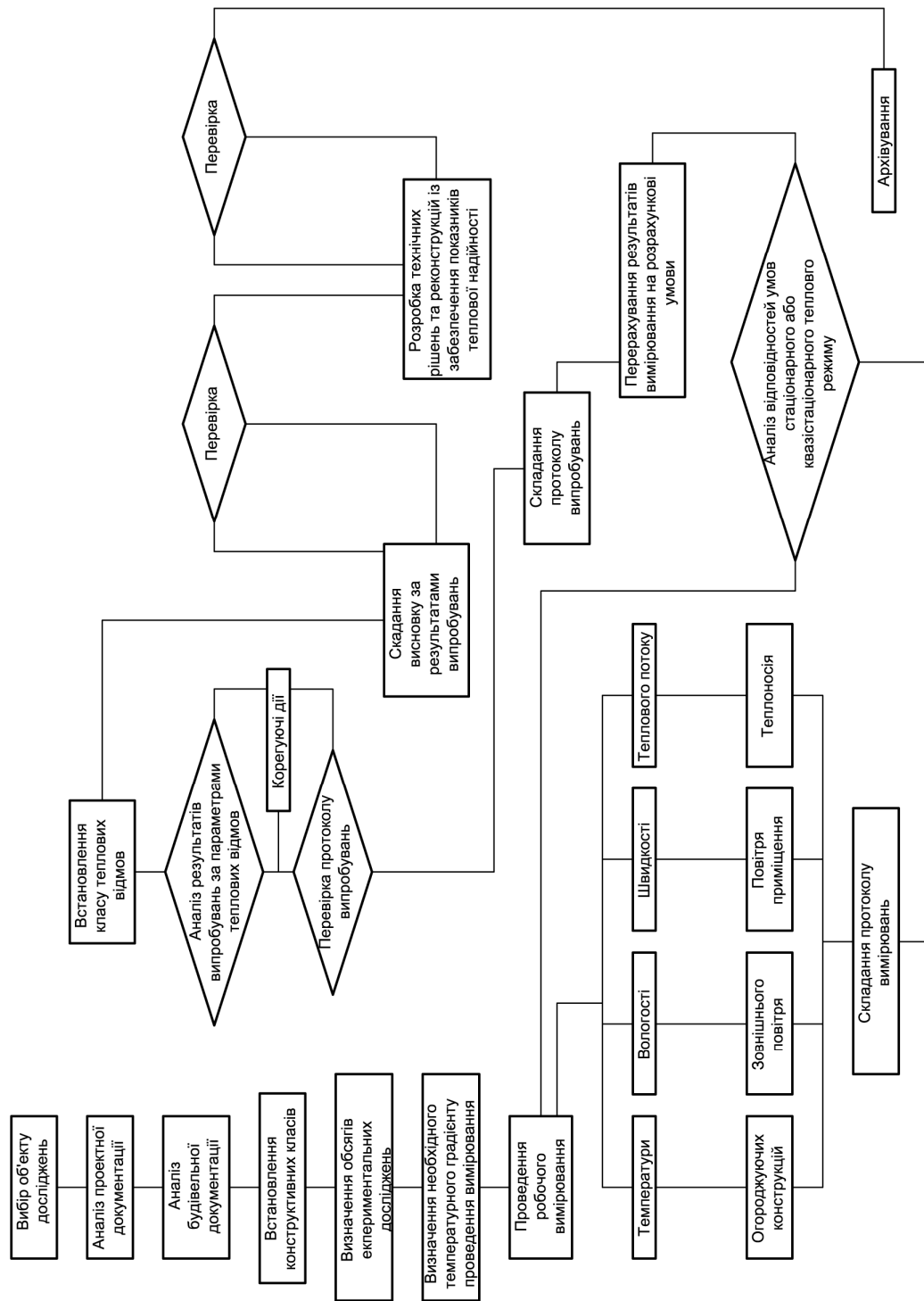


Рис. 2.2. Алгоритм натурних досліджень теплових характеристик теплоізоляційної оболонки будинків



а)



б)



в)



г)

Рис. 2.3. Експериментальні об'єкти: будинок після 35 (а) та 7 (б) років експлуатації, будинок після реконструкції (в), новобудова (г)

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

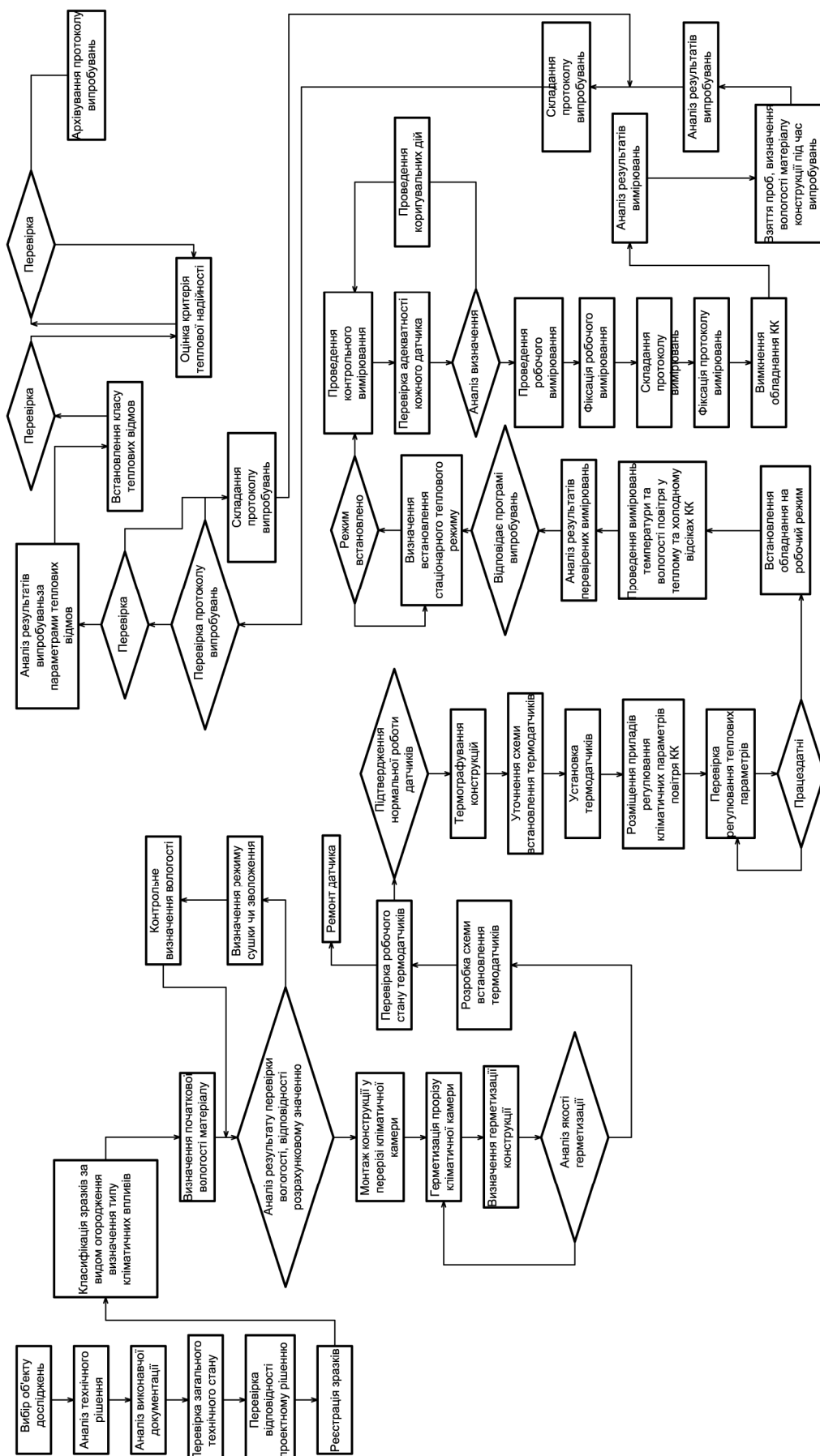
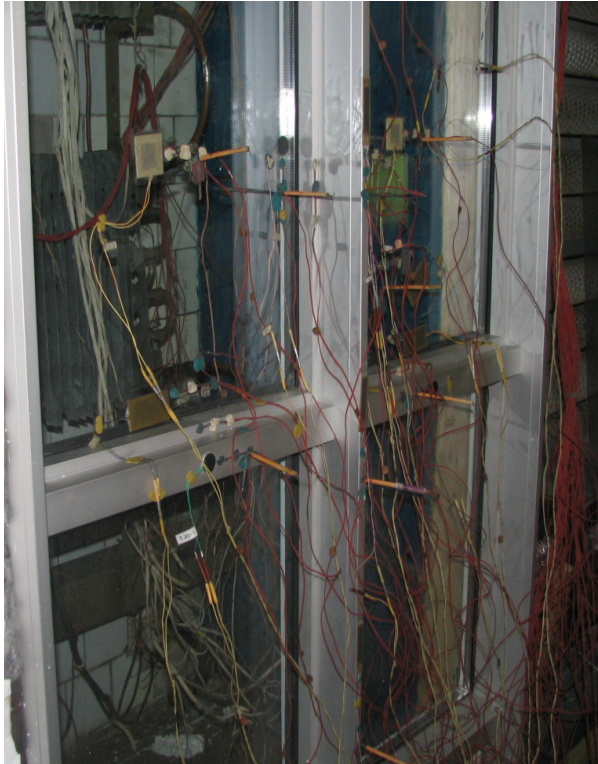
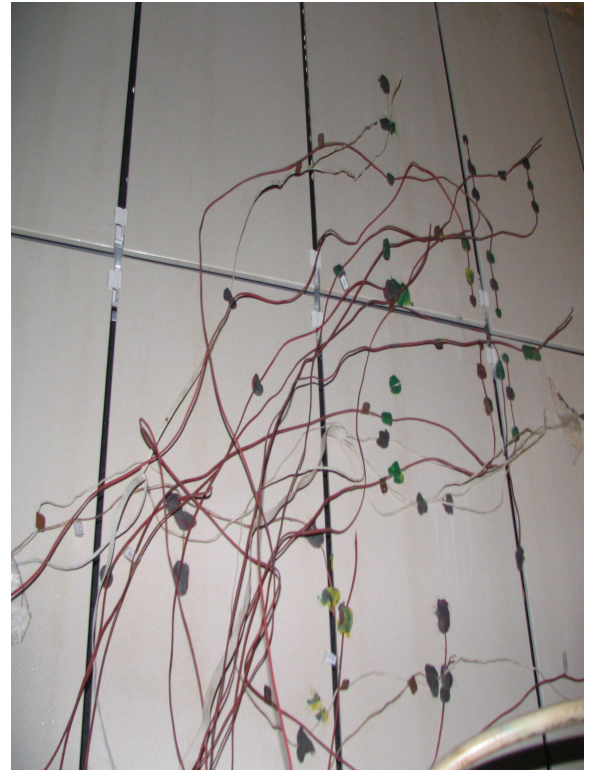


Рис. 2.4. Алгоритм лабораторних камерних досліджень теплових характеристик огорджувальних конструкцій



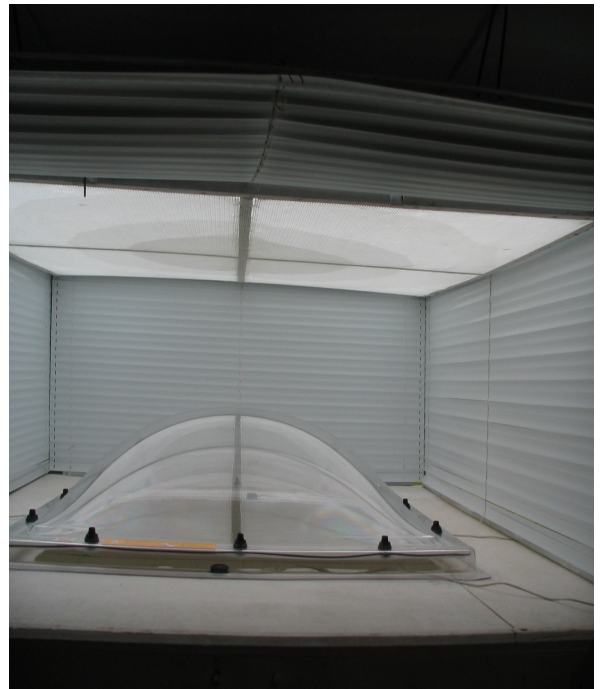
а)



б)



в)



г)

Рис. 2.5. Випробування в кліматичних камерах опору теплопередачі віконної конструкції (а), конструкцій фасадної теплоізоляції (б), водопроникності (в) та світлопрозорості конструкцій (г)

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



а)



б)

Рис. 2.6. Вид дослідної стінової конструкції з фасадною теплоізоляцією при її монтажу в прорізі кліматичної камери



а)



б)

Рис. 2.7. Проведення вимірювань теплового стану огорожувальних конструкцій інфрачервоним методом з використанням тепловізора (а) та пірометра (б)

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

в) вологісний режим огорожувальних конструкцій (середня вологість теплоізоляційного шару зовнішніх стін, характер розподілу вологості по товщі конструкції, динаміка зміни вологості стінових конструкцій) ваговим та кондуктометричним (рис. 2.8) методами;

г) температура, вологість та швидкість руху внутрішнього та зовнішнього повітря;

д) показники водонепроникності огорожувальних конструкцій (рис. 2.5 в), повітронепроникності, світлопрозорості (рис. 2.5 г), теплостійкості.



Рис. 2.8. Проведення вимірювань вологості конструкції
кондуктометричним методом

Методичною особливістю проведених досліджень було:

а) комплексне визначення показників, що характеризують експлуатаційний енергетичний стан будівельних об'єктів: опір теплопередачі,

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

температурний режим, вологість, повітропроникність, водопроникність, світлопропускання теплоізоляційної оболонки та її елементів, а також інтегральні енергетичні характеристики будинку – питомі тепловтрати;

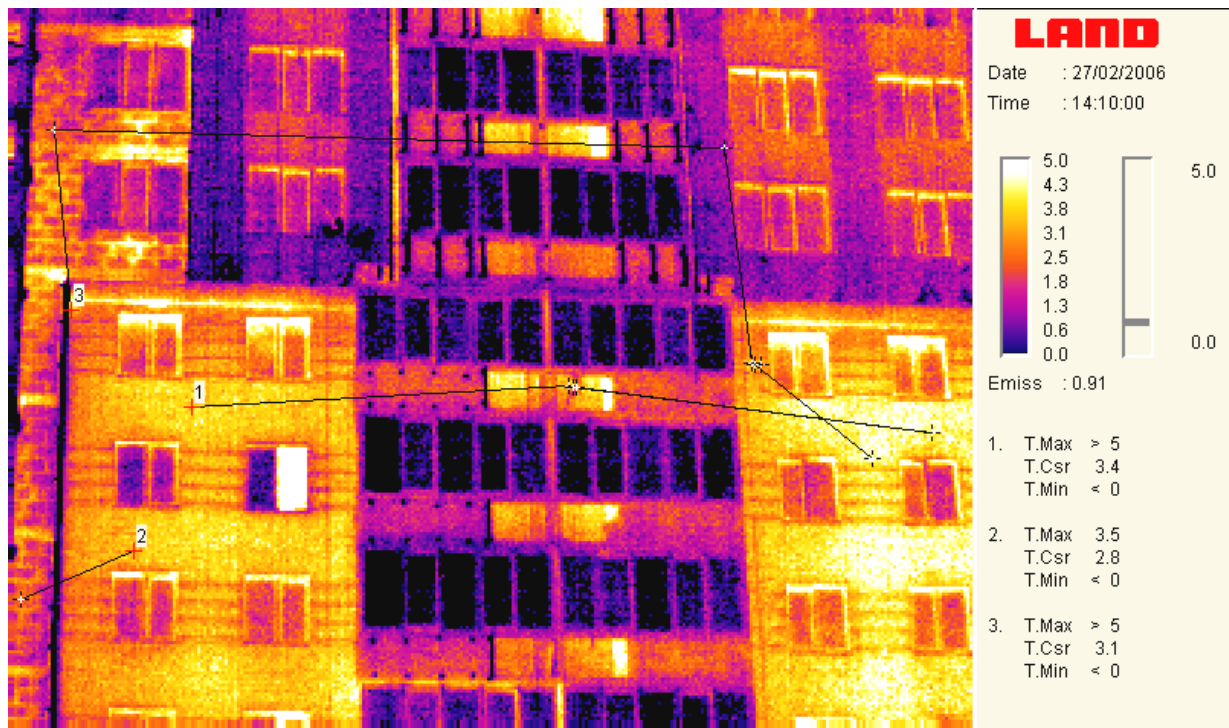
б) використання різних фізичних методів при визначенні теплових характеристик конструкцій: термограм зовнішньої поверхні (рис. 2.9-2.10) та внутрішньої поверхні (рис. 2.11) огорожувальних конструкцій, отриманих за результатами тепловізійних вимірювань, на підставі яких оцінюється загальний характер теплового стану конструкцій, встановлюється наявність дефектних зон теплоізоляції; пірометричних вимірювань (рис. 2.12), на підставі яких визначались чіткі геометричні характеристики дефектів теплоізоляції конструкцій та подальшого вимірювання температур та теплових потоків контактними методами, що забезпечувало достовірність чисельного визначення значень приведенного опору теплопередачі окремих огорожувальних конструкцій та приведенного коефіцієнту теплопередачі всієї теплоізоляційної оболонки будинку, що досліджується.

в) дослідження вологісного стану конструкцій на підставі неруйнівного кондуктометричного (рис. 2.8) та вагового методів забезпечувало можливість визначення динаміки зміни вологості в часі при високому представництві отриманих даних;

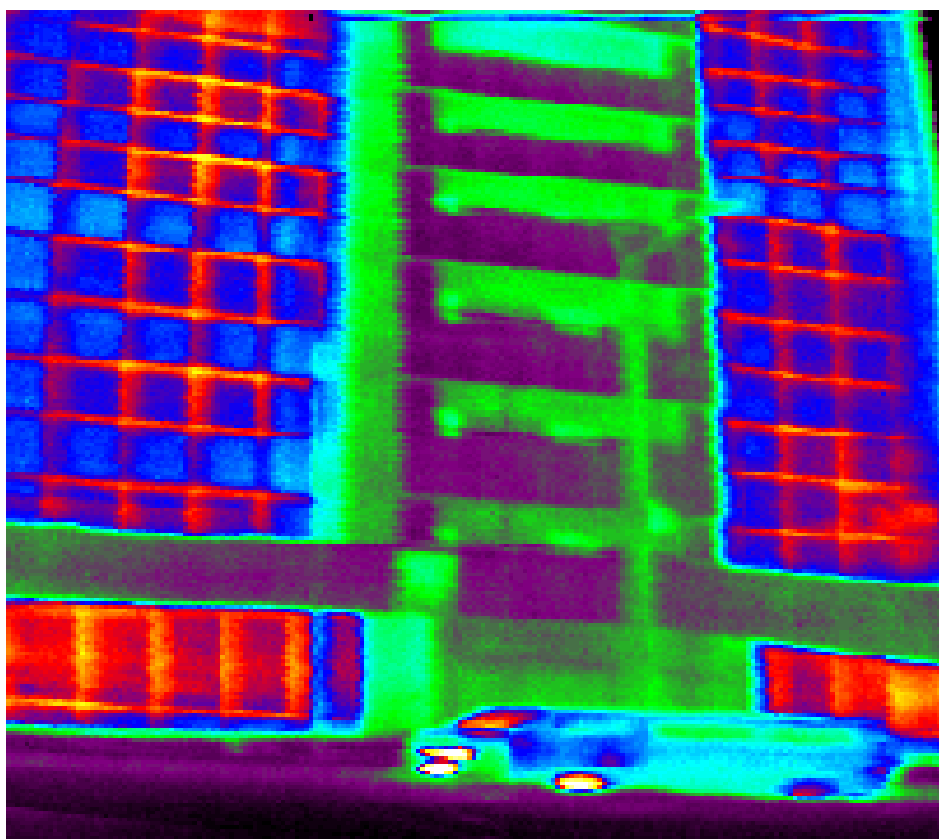
г) проведення досліджень теплового стану конструкцій в камерних умовах при розрахункових теплових параметрах навколишнього середовища на дослідних зразках та в натурних умовах на вже збудованих об'єктах, коли на теплові показники конструкцій впливають монтажні та експлуатаційні фактори.

Такий методично комплексний підхід проведення досліджень з оцінкою систематичної та методичної похибок вимірювань дозволив з достатньо високою вірогідністю отриманих результатів визначати фактичні теплотехнічні показники теплоізоляційної оболонки будинків і її характерних елементів.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



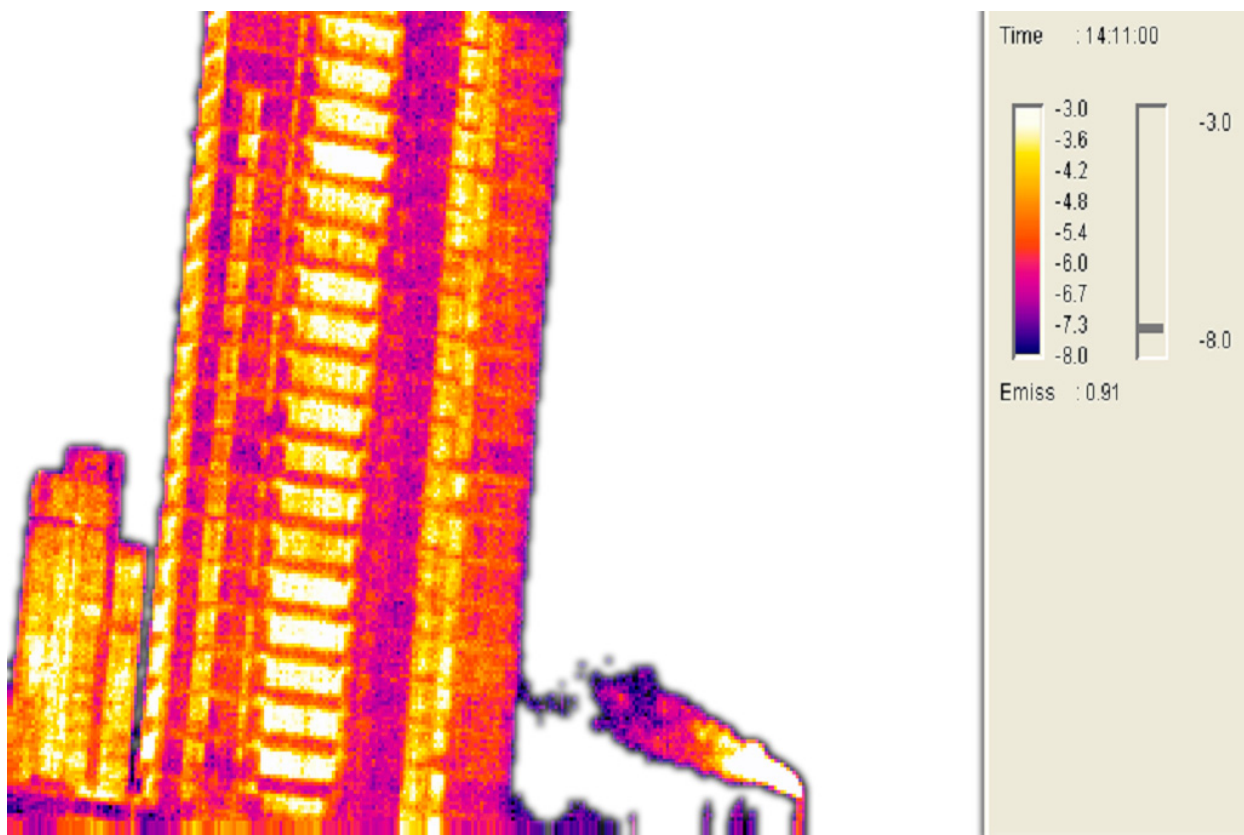
а)



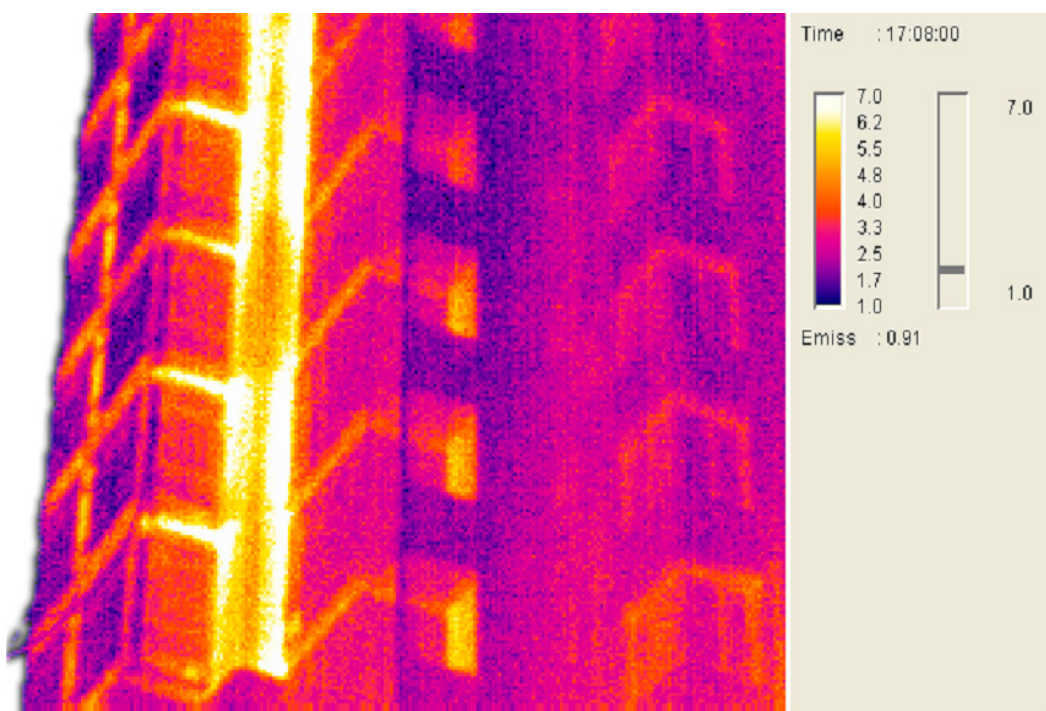
б)

Рис. 2.9. Термограми фасаду будинку із системою утеплення з непрозорим (а) та прозорим (б) опоряджувальними шарами

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



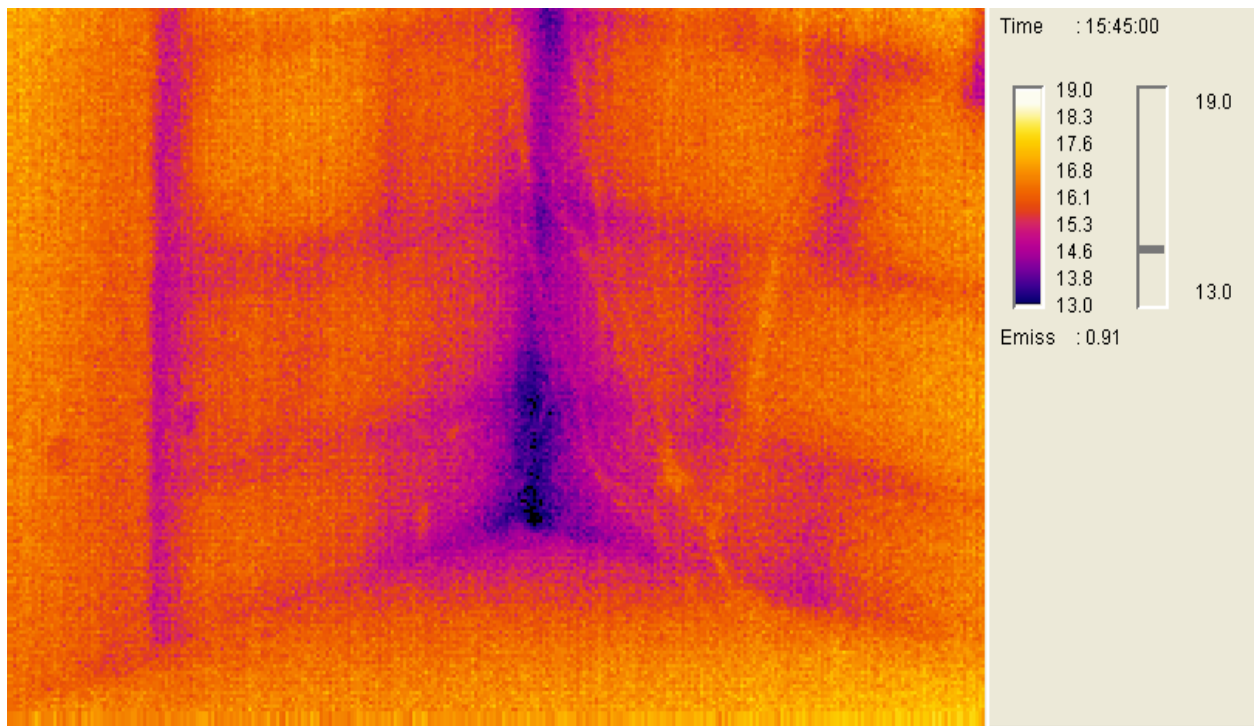
а)



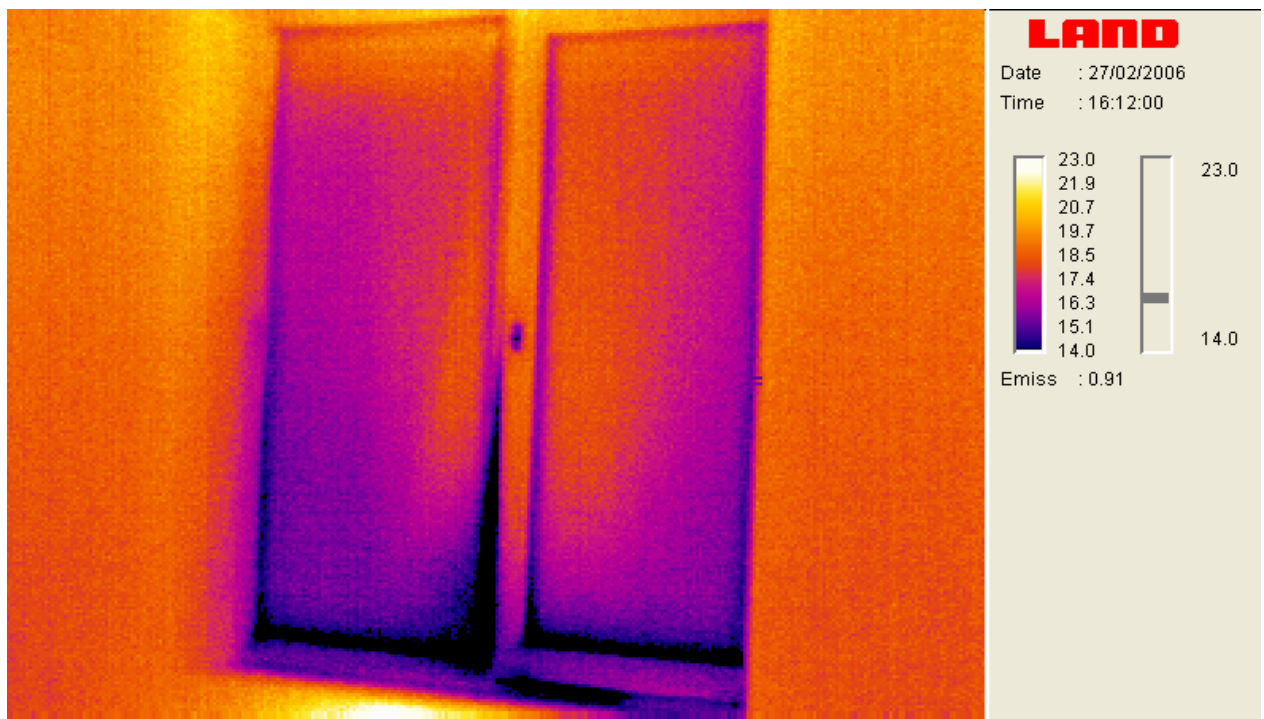
б)

Рис. 2.10. Термограми фасаду панельного (а) та монолітно-каркасного (б) будинків

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



а)



б)

Рис. 2.11. Термограми внутрішньої поверхні кутового елементу зовнішньої стіни (а) та стіни з віконним блоком (б)
(за результатами тепловізійних вимірювань)

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

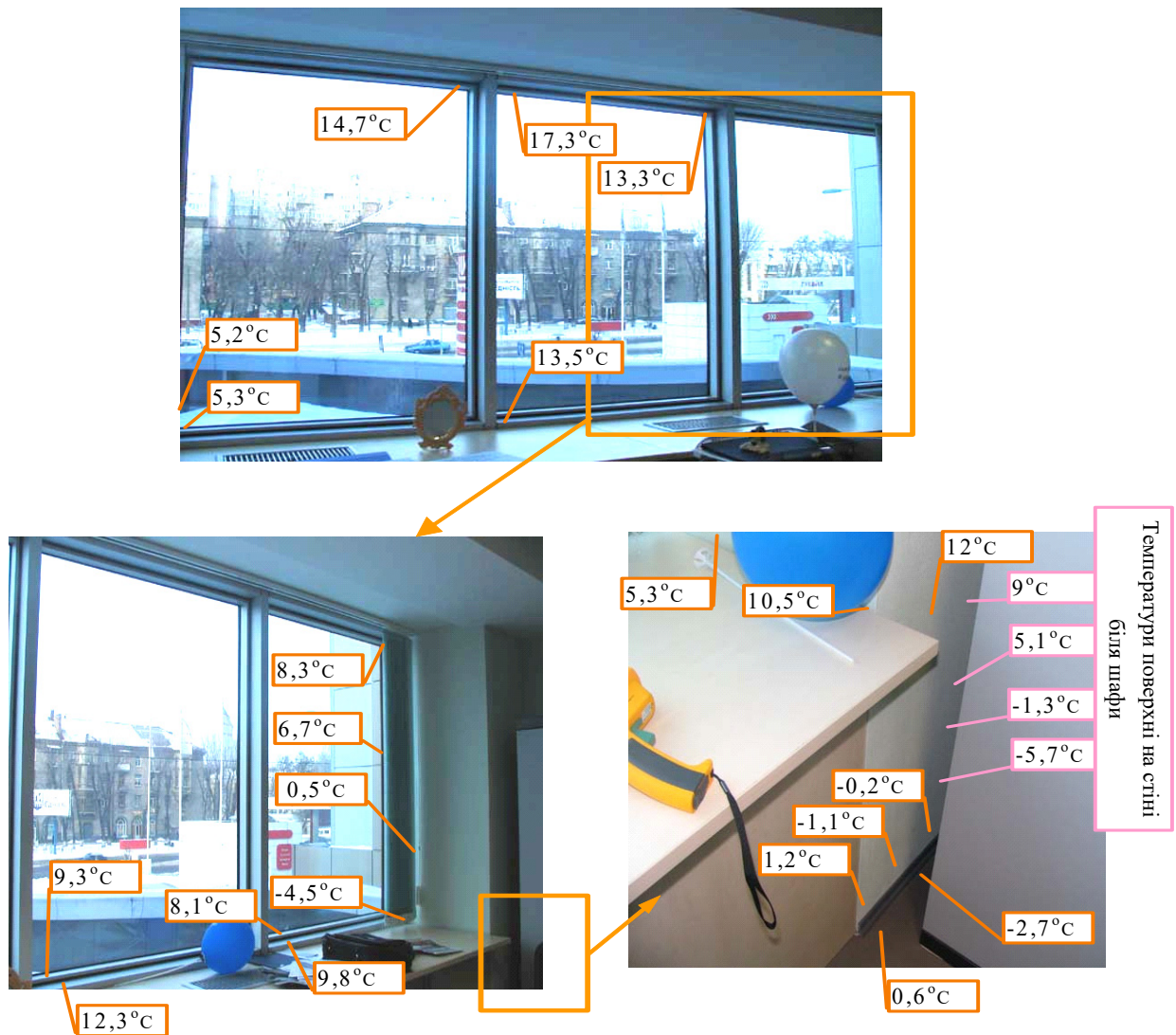


Рис. 2.12. Термограма внутрішньої поверхні стіни з світлопрозорою фасадною системою (за результатами пірометричних вимірювань)

На підставі експериментальних результатів тепловологісного стану дослідних об'єктів розроблялись технічні принципи підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.

Наведена загальна методика передбачає проведення експериментальних досліджень в натурних умовах експлуатації та при моделюванні процесів тепломасопереносу в огорожувальних конструкціях з використанням експериментальних установок.

2.3. Методика моделювання умов експлуатації при випробуваннях огорожувальних конструкцій в кліматичних камерах

Сутність методу полягає в створенні в огорожувальній конструкції умов стаціонарної теплопередачі і вимірюванні температур внутрішнього і зовнішнього повітря, температур внутрішньої і зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій, щільності теплового потоку, що проходить через неї.

Випробування в кліматичних камерах дають більш адекватну інформацію про теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій в порівнянні з натурними випробуваннями внаслідок того, що в кліматичних камерах створюються тепловологісні умови, на які огорожувальна конструкція проектується, а в натурних умовах вимірювання здійснюються, по-перше, у випадкових умовах, а потім результати вимірювань перераховуються на проектні тепловологісні параметри середовища, по-друге, вимірювання проводяться не в умовах стаціонарної теплопередачі, що призводить до методичних похибок визначення опору теплопередачі.

До комплектації кліматичної камери входять (рис. 2.13) компресори; система регулювання температури повітря у холодному відсіку для автоматичного підтримування заданої температури з точністю $\pm 1^{\circ}\text{C}$; вентилятори, що забезпечують рівномірну подачу холодного повітря від охолоджуючих батарей по об'єму холодного відсіку та розрахункову швидкість руху повітря біля зовнішньої поверхні конструкцій, що випробуються; система регулювання температури та вологості повітря в теплом відсіку, що складається з датчиків температури та вологості повітря, регуляторів температури та вологості з точністю автоматичного підтримування заданої температури $\pm 1^{\circ}\text{C}$, вологості – $\pm 5\%$;, виконуючих механізмів; датчики контролю температури та вологості повітря в теплом та холодному відсіках кліматичної камери; обладнання для реєстрації параметрів.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

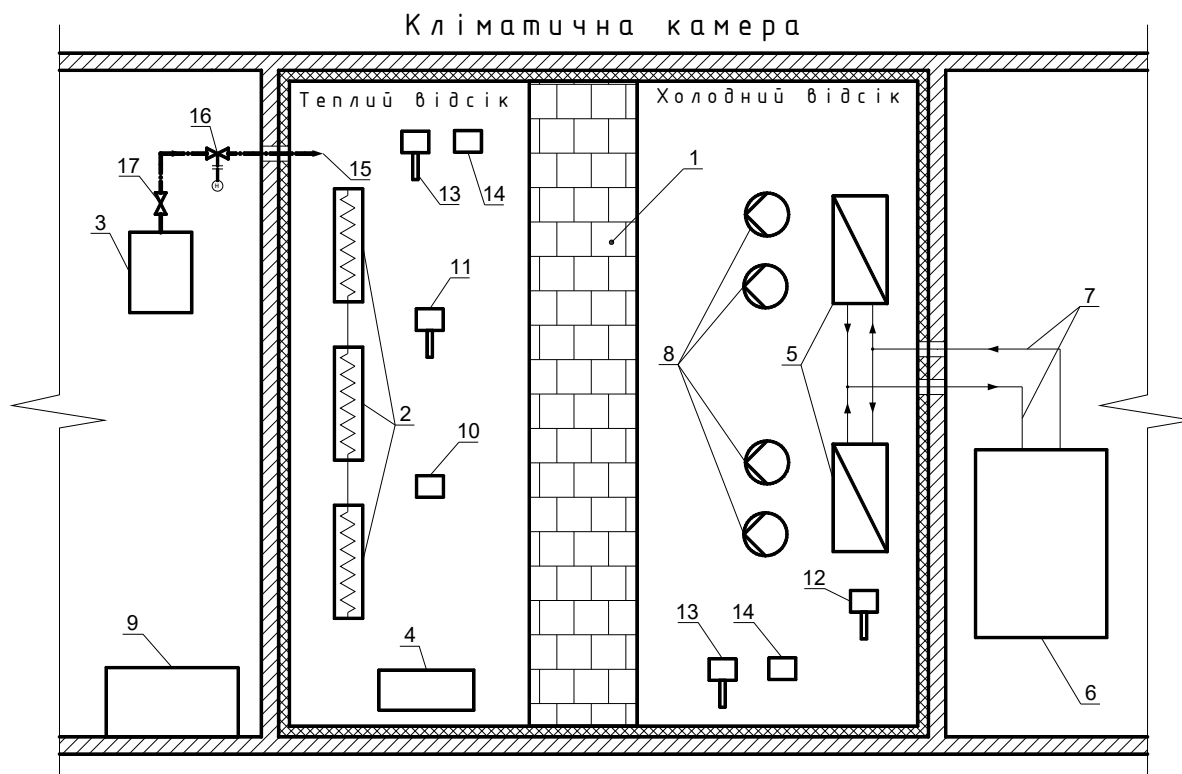


Рис. 2.13. Схема кліматичної камери для випробувань
огорджувальних конструкцій

1 – випробувальна конструкція; 2 – нагрівальні прилади; 3 – парозволожувач; 4 – кондиціонер; 5 – охолоджуючі батареї; 6 – холодильне обладнання; 7 – трубопроводи холодоагенту; 8 – вентилятори; 9 – система автоматичного збору даних; 10 – датчик регулювання вологості повітря теплого відсіку; 11 – датчик регулювання температури повітря теплого відсіку; 12 – датчик регулювання температури повітря холодного відсіку; 13 – датчики контролю температури; 14 – датчики контролю вологості; 15 – паропровід; 16 – регулююча заслінка; 17 – затворний кран

Також при проведенні досліджень використовувалась кліматична камера, у отвір якої монтують конструкцію, що випробується, з приставним теплим відсіком (рис. 2.14), що оснащений системою регулювання температури та вологості (підтримання відносної вологості в приставному теплому відсіку можливе за допомогою чашки з насиченим водяним розчином азотнокислого магнію або розчину сірчаної кислоти).

Для вимірювання температур як первинні перетворювачі застосовують термоелектричні перетворювачі. Результати вимірювань температур та

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

щільності теплових потоків фіксували із застосуванням програмно-технічних комплексів засобів автоматизації. Важливим методичним елементом при визначенні схеми встановлення первинних перетворювачів температур та теплових потоків на поверхнях конструкції, що випробується, є використання тепловізійної техніки.

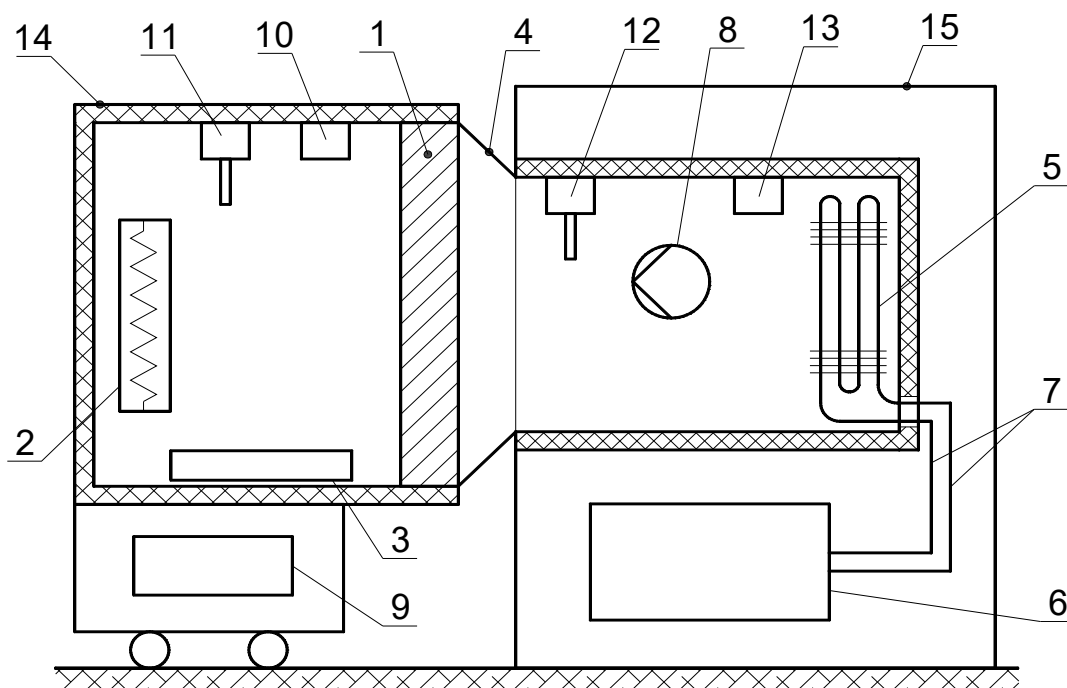


Рис. 2.14. Схема кліматичної камери з приставним теплим відсіком

1 – випробувальна конструкція; 2 – нагрівальні прилади; 3 – посудина з розчином для підтримання вологості; 4 – перехідна діафрагма; 5 – випарник; 6 – холодильне обладнання; 7 – трубопроводи холодоагенту; 8 – вентилятор; 9 – система автоматичного збору даних та регулювання; 10 – датчик контролю вологості повітря в приставному теплому відсіку; 11 – датчик контролю та регулювання температури повітря в приставному теплому відсіку; 12 – датчик контролю та регулювання температури повітря в робочому об'ємі кліматичної камери; 13 – датчик контролю та регулювання вологості в робочому об'ємі кліматичної камери; 14 – приставний теплий відсік; 15 – кліматична камера

Цілков змонтовану у кліматичній камері огорожувальну конструкцію піддають тимчасовому тепловому впливу і, не чекаючи встановлення стаціонарного режиму, з метою виявлення теплопровідних включень і

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

термічно однорідних зон, їх конфігурації і розмірів, знімають температурне поле за допомогою тепловізора або пірометра. Контури основних температурних зон за результатами термографування наносять на поверхню огорожувальної конструкції.

Вологість матеріалів випробовуваних огорожувальних конструкцій визначають по закінченні теплових вимірювань.

Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma \text{ пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ огорожувальної конструкції, що має нерівномірність температур поверхні, розраховують за формулами (в залежності від інформації про лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідних включень):

$$\left. \begin{aligned} R_{\Sigma \text{ пр}} &= \frac{F}{\sum_{j=1}^J \frac{F_j}{R_{\Sigma j}}} \\ R_{\Sigma \text{ пр}} &= \frac{F}{\sum_{n=1}^N \frac{F}{R_{\Sigma n}} + \sum_{m=1}^M (U_{l.m} \cdot l_m)} \end{aligned} \right\}, \quad (2.1)$$

де F – площа випробуваної конструкції;

$F_j (F_n)$ – площа j -ї (n -ї) характерної термічно однорідної зони;

$R_{\Sigma j} (R_{\Sigma n})$ – опір теплопередачі j -ї (n -ї) характерної термічно однорідної зони;

M – кількість типів теплопровідних включень;

$U_{l.m}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі крізь m -не теплопровідне включення;

l_m – лінійний розмір теплопровідного включення m -ого типу по внутрішній поверхні конструкції.

Термічний опір окремих шарів огорожувальної конструкції визначають за формулою:

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{i \text{ шар}} = \frac{\Delta \tau_i}{q_\phi}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad (2.2)$$

де $\Delta \tau_i$ – різниця температур на поверхнях i -го шару;

q_ϕ – густина теплового потоку.

Недоліком методики є нестрога кореляція між вимогами норм та умовами випробувань – регламентація умов випробувань встановлена тільки для тепловологісних параметрів повітря у відсіках кліматичної камери, а параметри випробувальної конструкції є довільними. Відсутність методичної прив'язки результатів випробувань до розрахункової вологості теплоізоляційного матеріалу конструкцій призводить до того, що для незмінного в конструктивному відношенні огороження при випробуваннях у різних лабораторіях в достатньо багатьох випадках можливо отримувати різні значення з опору теплопередачі. Для вирішення цих питань за результатами вимірювань при проведенні експериментальних досліджень встановлювали:

а) фактичні значення теплопровідності матеріалів конструкції

$$\lambda_{i\phi} = \frac{\delta_i}{R_{i \text{ шар}}}, \quad (2.3)$$

де δ_i – товщина i -го шару, м;

б) коефіцієнт термічної однорідності конструкції

$$r_\tau = \frac{R_{\Sigma np}}{R_\Sigma}, \quad (2.4)$$

в) відповідність вологості шарів матеріалів w_{ie} , що зафіксована під час випробувань, з розрахунковими значеннями вологості матеріалів w_{iA} , w_{iB} ;

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

г) питому термічну вагу кожного i -го шару конструкції

$$r_{Ri} = \frac{R_{шар}}{R}. \quad (2.5)$$

За даними досліджень визначали коефіцієнт відповідності вологісних умов матеріалів, при яких експериментально визначені термічні характеристики конструкції, розрахунковим умовам, наприклад **Б**, за формулою

$$r_{wi} = \frac{\lambda_{i\phi}}{\lambda_{iБ}}. \quad (2.6)$$

Визначали опір теплопередачі конструкції в розрахункових вологісних умовах шарів матеріалів

$$R_{\Sigma Б} = R_{\Sigma} \sum_{i=1}^I (r_{wi} r_{Ri}), \quad (2.7)$$

та приведений опір теплопередачі в розрахункових вологісних умовах

$$R_{\Sigma np} = r_{\epsilon} R_{\Sigma Б}. \quad (2.8)$$

2.4. Математична модель теплового режиму будинків

Початковим етапом оптимізації показників теплоізоляції елементів ізоляційної оболонки будинку є створення адекватної математичної моделі, за допомогою якої можливо здійснювати аналіз впливу різновагових факторів на формування теплового режиму будинків і економіку його

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

зведення та подальшої експлуатації. Загальний підхід, що покладений у вирішення цього завдання, був наступним.

Розглядався будинок з системою огорожувальних конструкцій та N кімнат $(K_1, \dots, K_N)$ і стін між ними $\{C_{m_{ij}}\}$, $(i=1, \dots, N; j=1, \dots, N)$. Температура зовнішнього повітря $T_\varphi = T_0(z)$ вважається заданою функцією часу, температури повітря в кімнатах $(T_1, \dots, T_N)$ передбачаються незмінними в межах кожної окремо взятої кімнати. У кімнатах розташовані джерела теплоти $(q_1, \dots, q_N)$, конкретне місце знаходження яких у кімнаті не фіксовано, які також є заданими функціями часу. Для спрощення не розглядається різниця між температурою ґрунту й атмосфери. Кожній кімнаті встановлюється її ефективна теплоємність C_{npi} , $(i=1, \dots, N)$, як величина $C_i = c_{\text{п}} V_i + \frac{1}{2} \sum_{j=0}^N c_{ij}$, де $c_{\text{п}}$ – питома теплоємність повітря, Дж/м³, V_i – об'єм кімнати, м³, c_{ij} – теплоємність стін (для фактично відсутньої стіни $c_{ij} = 0$).

Опис теплового стану моделі будинку може бути визначений неоднорідною системою лінійних диференціальних рівнянь із постійними коефіцієнтами:

$$C_{npi} \frac{dT_i}{dz} = - \sum_{j=0}^N \Lambda_{ij} (T_i - T_j) + q_i(z), \quad (i=1, \dots, N). \quad (2.9)$$

Систему рівнянь (2.9) зручно розглядати у вигляді:

$$\frac{dT_i}{dz} = - \sum_{j=1}^N \frac{\Lambda_{ij}}{C_{npi}} (T_i - T_j) + \frac{q_i(z)}{C_{npi}}, \quad (i=1, \dots, N). \quad (2.10)$$

В своєму тепловому та геометричному побудуванні будинок є подібний математичним матрицям – кімнати та квартири будинку є комірками або блоками матриці, ці блоки взаємопов'язані між собою

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

тепловими відношеннями – неперервним теплообміном при будь-якій тепловій зміні у будь-якому блоці з відповідною зміною у суміжних блоках. Тому зручним для загального аналізу теплового режиму будинків є моделювання на основі математичного аналізу матричних операторів.

Граничні умови для системи рівнянь визначають виходячи із фізичної моделі процесу. В переважній більшості випадків рух повітря в приміщенні є турбулентним і його потоки характеризують числами Рейнольдса (Re). Для турбулентних течій великі Re еквівалентні малій в'язкості, і відповідно, для великомасштабних пульсацій, які є основним рухом в турбулентному потоці, в'язкість рідини не грає ролі і може бути прийнята рівною нулю, так що рух можна описати рівнянням Ейлера для ідеальної рідини. В'язкість рідини має значення тільки для дрібномасштабних пульсацій, які характерні для руху повітря у пограничному шарі. Градієнт швидкості в пограничному шарі також великий, тому члени в рівнянні руху, які містять похідні по координатам, великі, незважаючи на незначну величину в'язкості повітря, що справедливо і по температурній характеристиці. Оскільки число Прандтля $Pr = \frac{\nu}{a}$ не є малим, то разом з ν повинен розглядатися як дуже малий коефіцієнт теплопровідності a . Це свідчить про те, що повітря можна розглядати, як ідеальну рідину.

Тепловий режим приміщень визначається також потоками маси у вигляді повітря між кімнатами при будь-якій різниці тиску між цими кімнатами. Різниця тиску може виникати як внаслідок температурних умов, так і внаслідок різного зовнішнього тиску повітря в різних кімнатах будинку.

Розглянута математична модель реалізує принципи загальної моделі теплового режиму будинку як об'єкту з частково розподіленими параметрами. Аналіз характеристик моделі показує, що тепловий режим будинку є системою більш високого порядку, ніж опис теплового режиму приміщень. Зв'язок між елементами системи – це теплообмін між приміщеннями, який здійснюється за рахунок повітрообміну та

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

теплопередачі через внутрішні огороження будинку. Особливістю характеру взаємозв'язку між показниками теплового режиму будинків є безперервні направлені процеси, коли вихідні показники j -го приміщення є початковими показниками $j+1$ -го приміщення. При цьому показники j -го приміщення входять в граничні умови для внутрішніх огорожень $j+1$ -го приміщення, тощо. Тому для забезпечення замкненості показників їх зручно представляти у прийнятій матричній формі. В той же час, цей виважений та строго обґрунтований підхід потребує введення значної кількості початкової інформації і його застосування є доцільним при оптимізації енергетичних параметрів підсистем опалення та вентиляції.

Поставлене вище завдання – аналіз впливу конструктивних параметрів теплоізоляційної оболонки на енергетичні показники будинку з подальшим визначенням оптимальних значень цих показників можливо вирішувати з використанням характеристик стаціонарної теплопередачі, що погіршує фізичну строгість моделі, але є зручним прийомом, який поєднує математичні моделі з проектними показниками конструкцій. При умові забезпечення необхідного теплового режиму приміщень в залежності від зміни температури оточуючого середовища та геометричних параметрів будинку в цілому та окремих елементів його теплоізоляційної оболонки слід визначати необхідну кількість енергії, що дозволяє одержувати наперед задану температуру в будинку з урахуванням внутрішніх конструкцій, меблів у вигляді алгебраїчного рівняння відносно $J_{ov}(z)$:

$$J_{ov}(z) = \left\{ \sum_{i=1}^I U_i [T_{\hat{a}}(z) - T_{\hat{\varphi}}(z)] + C_1 G_1 [\dot{O}_{\hat{a}}(z) - T_{\hat{\varphi}}(z)] \right\} - I_V - \tilde{J}_r(z), \quad (2.11)$$

де I_V – внутрішні джерела енергії, що обумовлені життєдіяльністю людини або виробничими процесами, Вт/м²;

$\tilde{J}_r(z)$ – кількість сонячної енергії, що потрапляє в приміщення, Вт/м².

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розглянемо енергетичні та теплові показники будинку на підставі розрахунків теплового режиму рядового поверху багатоквартирного будинку, що складається, наприклад, з 20 приміщень, які розділяються коридором. Опалення будинку здійснюється з поквартирним регулюванням. Проаналізуємо зміну енергетичних показників за три доби січня при ясній погоді в залежності від рівня теплоізоляції непрозорої частини стін при незмінних характеристиках теплоізоляції світлопрозорих конструкцій стін. На рис. 2.15 показано характер зміни температури зовнішнього повітря та температури в середньому приміщенні будинку зі стінами з опором теплопередачі непрозорих ділянок $2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. При незмінній потужності опалення температура внутрішнього повітря приміщення без вікон (коридору) підвищується в незначній мірі. Для приміщень зі світлопрозорими елементами стін температура повітря підвищується від 2 до 4 °С за три сонячні доби в залежності від орієнтації приміщень відносно сторін світу (рис. 2.16 - 2.18). При тій же потужності системи опалення, але при опорі теплопередачі непрозорих ділянок стін будинку $2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, температури внутрішнього повітря на 1°С є нижчими (рис. 2.19-2.20).

Таким чином, енергетичні показники комплексної системи визначаються приведеним опором теплопередачі теплоізоляційної оболонки, коефіцієнтом скління фасаду та орієнтацією фасаду відносно сторін світу.

Забезпечення енергозбереження в будинках можливе лише за умови гнучкого регулювання потужності системи опалення. Якщо це не здійснюється, то в окремих кімнатах, як показано на рис. 2.21, температура внутрішнього повітря буде перевищувати почуття комфортності, що потребує вже додаткової нераціональної вентиляції приміщень.

Згідно з принципом системного аналізу енергетичного стану будинку, необхідна кількість енергії для забезпечення нормального тепло-вого режиму приміщень повинна встановлюватися з урахуванням кліматичних впливів.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

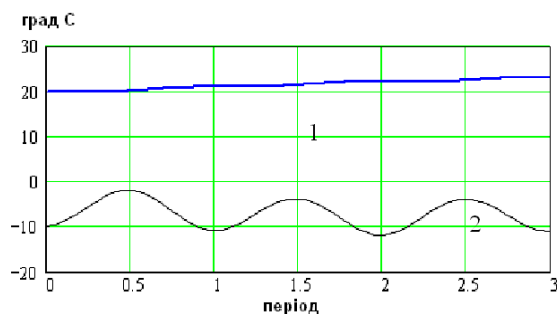


Рис. 2.15. Зміна температури внутрішнього повітря (1) в середньому приміщенні будинку та зовнішнього повітря (2) за розрахунковий період

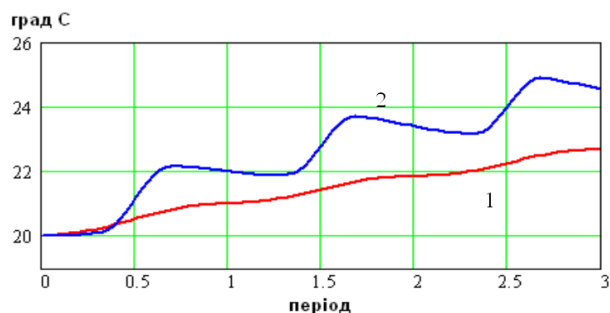


Рис. 2.16. Зміна температури повітря в приміщеннях рядових кімнат з вікнами на Пн (1) та Пд (2)

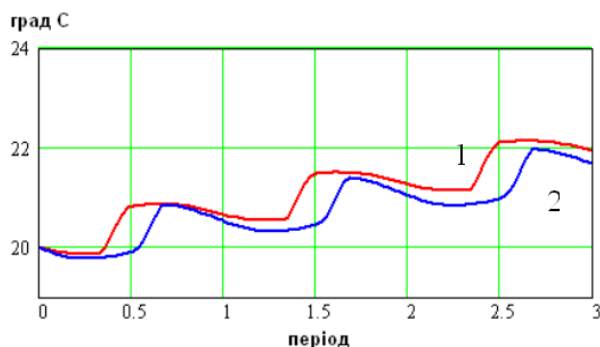


Рис. 2.17. Зміна температури повітря в приміщеннях торцевої кімнати зі стінами з $R_{\Sigma}=2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ та з вікнами на Пн-Сх (1) та Пн-Зх (2)

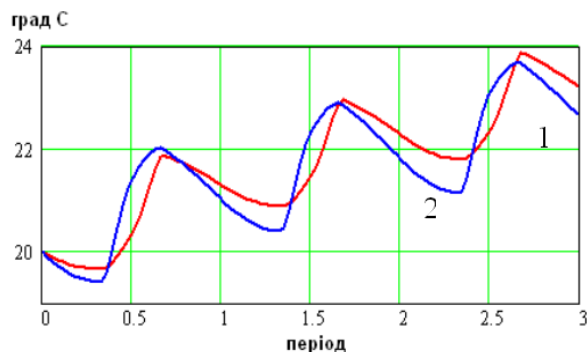


Рис. 2.18. Зміна температури повітря в приміщеннях торцевої кімнати зі стінами з $R_{\Sigma}=2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ та з вікнами на Пд-Зх (1) та Пд-Сх (2)

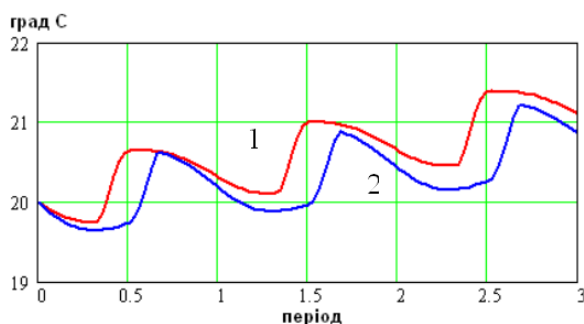


Рис. 2.19. Зміна температури повітря в приміщеннях торцевої кімнати зі стінами з $R_{\Sigma}=2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ та з вікнами на Пн-Сх (1) та Пн-Зх (2)

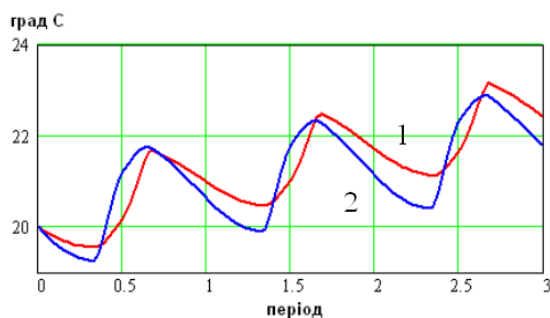


Рис. 2.20. Зміна температури повітря в приміщеннях торцевих кімнат зі стінами з $R_{\Sigma}=2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ та з вікнами на Пд-Зх (1) та Пд-Сх (2)

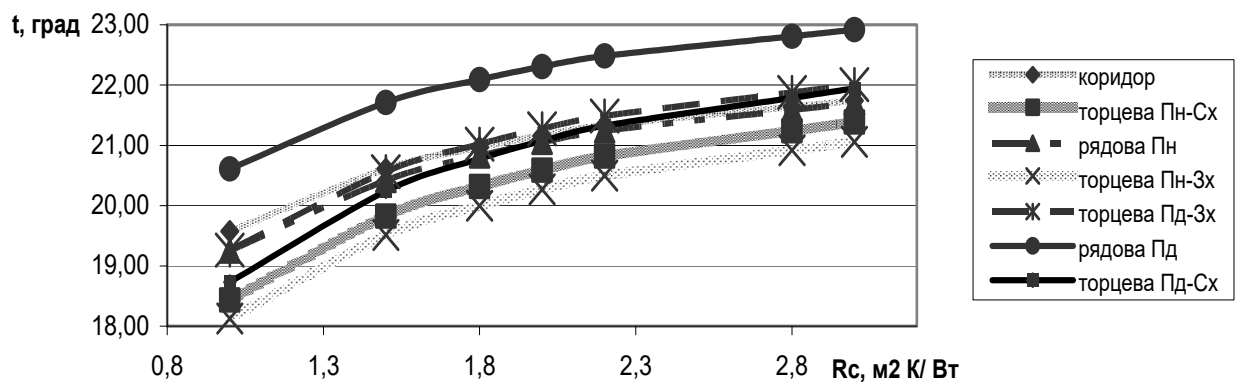


Рис. 2.21. Зміна температури внутрішнього повітря приміщень різної орієнтації відносно сторін світу в залежності від опору теплопередачі непрозорих ділянок стін

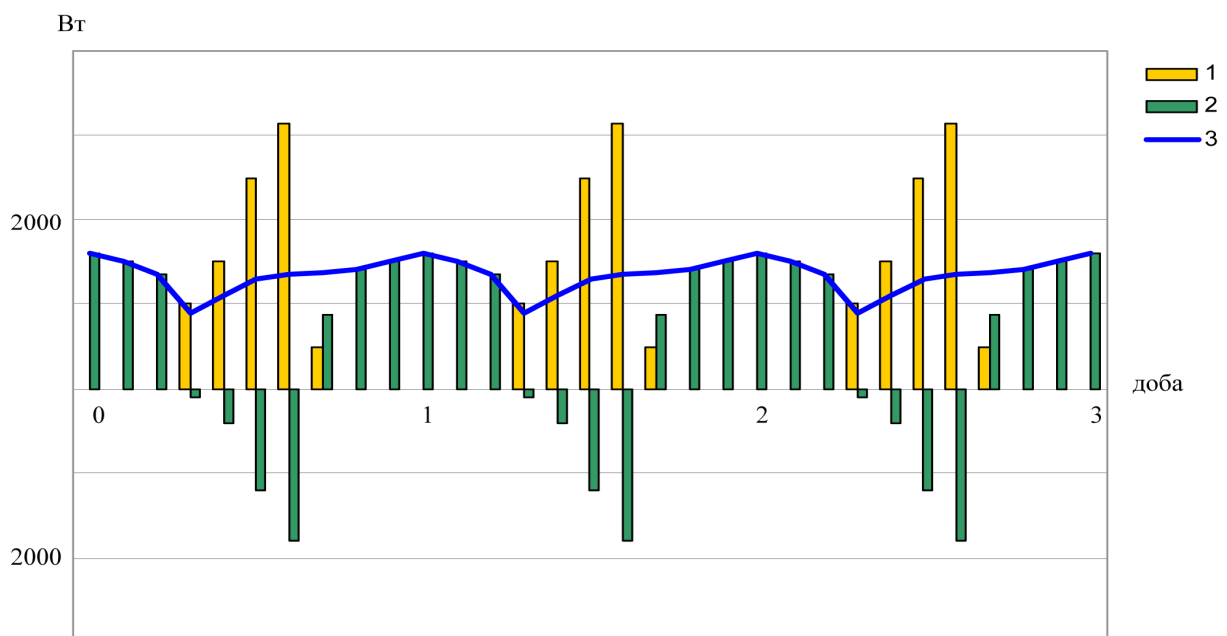


Рис. 2.22. Графік регулювання системи опалення для забезпечення комфортного теплового режиму приміщень південно-західної орієнтації
1 – потужність сонячної енергії, що потрапляє на вертикальну поверхню за умов хмарності; 2 – необхідна потужність системи опалення;
3 – графік роботи системи опалення

На рис. 2.22 представлений графік тридобової зміни необхідної потужності системи опалення, коли в сонячний час доби необхідна її потужність має від'ємне значення, тобто опалення повинно відключатися на кілька годин, що і дозволить здійснювати економію енергії.

2.5. Оптимізація опору теплопередачі конструктивних груп теплоізоляційної оболонки будинків

Дана задача цього стосується другого методичного процесу системи проектування – визначення нормативних вимог до рівня теплоізоляції будинків на підставі оптимальних економічних витрат. Теплова ізоляція характеризується, як ми вже розглядали, показниками теплової надійності і економічної доцільності. Оптимізувати можна тільки економічні показники, бо показники надійності визначаються фізичними закономірностями процесів тепломасообміну та фізіологічними особливостями перебування людини в приміщенні, яке необхідно кліматизувати.

Економічні показники теплоізоляції будинків обумовлюються двома фінансовими потоками – початковими витратами на її створення та експлуатаційними витратами на опалення (кондиціонування) приміщень будинків. Обидва фінансові потоки можуть оцінюватися в енергетичних одиницях – витратами енергії на виготовлення матеріалів, їх транспортування, монтаж конструкцій з одного боку, і витратами енергії при експлуатації будинку.

Для оцінки співвідношення між цими енергетичними витратами існують кілька методичних підходів.

В основу методики визначення нормативних показників огорожувальних конструкцій було покладено наступні методичні положення:

– принцип енергетичної вагомості елементів теплоізоляційної оболонки на загальні втрати теплоти на опалення будинків та оптимізації складових енергетичного балансу, на підставі чого забезпечуються близькі значення питомої ваги теплових втрат через основні елементи ізоляційної оболонки будинку (далі – принцип енергетичної вагомості);

– принцип оптимізації рівня теплоізоляції конструктивних груп теплоізоляційної оболонки на підставі мінімізації співвідношення між сумарними втратами теплоти і, відповідно, грошовими витратами на

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

опалення будинку при його експлуатації, та витратами на виготовлення та монтаж кожної з конструктивних груп (далі – принцип конструктивної оптимізації теплоізоляційної оболонки).

Принцип енергетичної вагомості базується на аналізі теплового балансу за результатами моделювання теплового стану типових для нашої країни будинків. При рішенні цієї задачі оптимізації апріорі приймається умова забезпечення необхідного теплового режиму і незмінності температур в опалюваних приміщеннях будинку.

Розгляд будинку, як єдиної енергетичної системи, між елементами якої існують матеріальні та енергетичні зв'язки у вигляді потоків теплоносіїв та теплових потоків, дозволяє визначити особливості формування енергетичних показників типових будинків, що підлягають термореконструкції, та нових будинків. В якості бази приймалися будинки із значеннями опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, які були зафіксовані при експериментальних дослідженнях. Для урахування існуючих світових тенденцій аналізувалися результати розрахунків за сценаріями, при яких встановлювалися значення опору теплопередачі конструкцій за діючими в різних країнах нормативними вимогами. Основні данні аналізу для типових 9-16 поверхових та 4-6 секційних будинків наведені в табл. 2.1.

Переважаючими в структурі тепловтрат багатоповерхових будинків є три складові – тепловтрати через стіни, тепловтрати через вікна й тепловтрати на підігрів повітря, що надходить у приміщення за рахунок інфільтрації й роботи системи вентиляції. Тепловтрати через перекриття займають малу частку в загальній структурі багатоповерхових будинків. При зростанні опору теплопередачі елементів теплоізоляційної оболонки зростає доля інфільтраційно-вентиляційний втрат, зменшення яких є подальшим напрямком підвищення енергоефективності будинків.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1

Структура тепловитрат житлових та громадських будівель

Характеристика будинку	Тепловтрати по елементах у % до загальних тепловтрат				
	Непро- зорі стіни	Прозорі конструкції	Дах	Цокольне перекриття	Повіт- рообмін
Забудови до 1995 р.	39	21	4	1	35
Забудови 1996- 2006 років зі стінами із: $R_{\Sigma}=1,6$ $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ $R_{\Sigma}=2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ $R_{\Sigma}=2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	27	24	4	1	44
	23	26	4	1	46
	19	27	4	1	49
Проект будинку по нормам Росії	17	33	3	1	46
Проект будинку по нормам Німеччини, що діяли до 1995 р. по діючим нормам	22	23	6	1	48
	16	23	4	1	56
Проект будинку по нормам Польщі	25	25	3	1	46
Проект будинку по нормам Фінляндії	15	31	3	1	50
Проект будинку по нормам Литви	16	29	2	1	52

Принцип конструктивної оптимізації складається з аналізу енергетичних або фінансових витрат на виготовлення та експлуатацію теплоізоляційної оболонки будинку за двома взаємно пов'язаними методичними положеннями: оптимізації приведених витрат відповідної конструктивної групи теплоізоляційної оболонки та оптимізації змінних по рівню теплоізоляції відповідних конструктивних груп при заданій їх функції,

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

якою є рівень тепловтрат через ізоляційну оболонку.

В загальному виді принцип оптимізації приведених витрат представлений на рис. 2.23. Функція $\Xi(R_{\Sigma})$ має екстремум, пошук якого можна звести до вирішення рівняння $f'(x_{\min}) = 0$, що визначає необхідну умову наявності екстремуму. Дане рівняння розв'язується методом Ньютона.

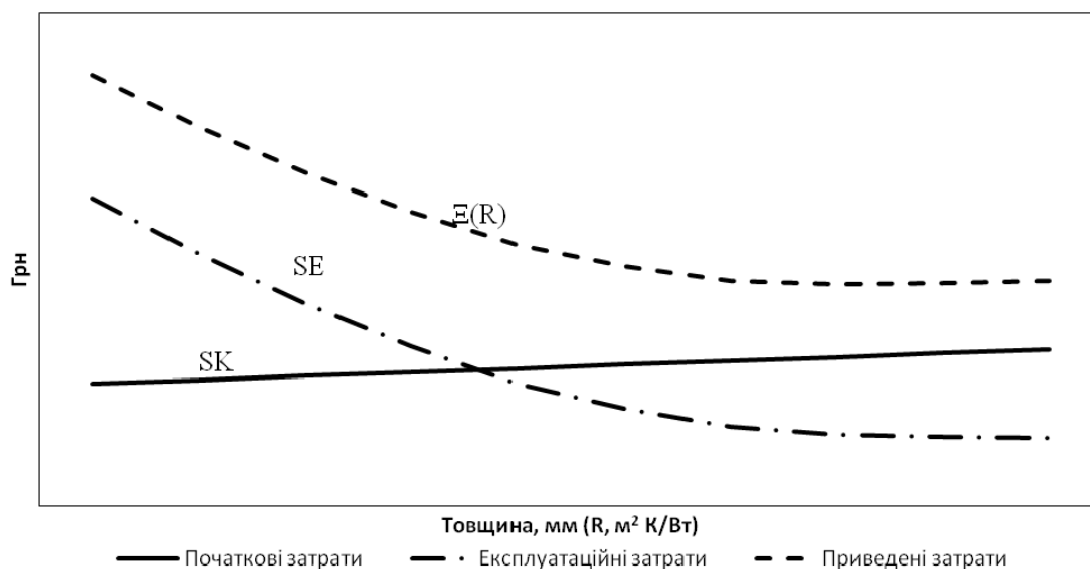


Рис. 2.23. Принцип визначення економічно оптимальної товщини огорожувальної конструкції $\delta_{\text{опт}}$ (оптимального значення опору теплопередачі конструкції $R_{\Sigma\text{опт}}$)

Функція вартості теплоізоляції (або початкові витрати) $SK(R_{\Sigma})$ зміщена по осі ординат вгору, тому що при нульовій товщині основного теплоізоляційного шару, тобто при практично нульовому термічному опорі, огорожувальна конструкція має певну вартість. Для конструкцій стін з фасадною теплоізоляцією – це вартість несучого та опоряджувального шарів, для світлопрозорих конструкцій – початкова вартість при нульових термоізоляційних властивостях, обумовлена вартістю обрамлень, фурнітури, тощо.

В табл. 2.2 наведені результати оцінки підвищення рівня теплоізоляції основних конструктивних груп ізоляційної оболонки типового будинку, що експлуатується в кліматичних умовах першої температурної зони України. Співвідношення тепловий ефект – вартість теплоізоляції має найбільш

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

оптимальне значення при підвищенні опору теплопередачі непрозорих ділянок стін від $0,8 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$ до $2,8 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$. Подальше підвищення опору теплопередачі непрозорих стін вище $3,5 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$ вже не суттєво підвищує загальний економічний ефект при зафіксованій ціні на енергоносії.

Таблиця 2.2

Показники енергетичного ефекту підвищення рівня теплоізоляції елементів теплоізоляційної оболонки будинків

Вид елемента	$R_{\Sigma 1} / R_{\Sigma 2},$ $\text{м}^2\cdot\text{К/Вт}$	$\Delta E,$ $\text{кВт}\cdot\text{год/м}^2$	Коефіцієнти ефективності		
			f_E	$f_{СК},$ $\frac{\text{грн.}}{\text{кВт}\cdot\text{год/м}^2}$	$f_E,$ $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год/м}^2}{\text{грн.}}$
Непрозорі зовнішні стіни	0,8/4,0	54,6	0,37	7,6	4,8
	0,8/2,8	49,4	0,33	5,26	6,3
	2,0/2,8	25,3	0,2	4,16	4,8
Віконні конструкції	0,4/1,5	32,5	0,25	6,94	3,6
	0,4/0,6	19,1	0,15	2,15	6,9
	0,4/0,8	29,1	0,23	2,89	8,0
	0,5/0,6	8,1	0,07	2,56	2,6
	0,5/0,8	18,0	0,15	3,4	4,5
Покриття, дахи	1,2/4,5	37,0	0,35	8,9	3,9
Перекриття	1,2/5,0	11,0	0,1	25,9	0,4

Для віконних конструкцій максимальний ефект дає підвищення опору теплопередачі до значення $0,8 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$, але це потребує застосування принципово нових технологій виготовлення цих конструкцій, тому було запропоновано введення як мінімально допустимого опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій значення $0,6 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$, що дає менший економічний ефект, але реалізується більшістю вітчизняних виробників без особливих змін в технології та комплектації віконних виробів.

Таблиця 2.3

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових та громадських будинків, $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	$R_{q \min}$, за температурної зони			
		I	II	III	IV
1	Зовнішні стіни	2,8	2,5	2,2	2,0
2а*	Покриття й перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5	3,9	3,3
2б		3,3	3,0	2,6	2,2
3	Перекриття над проїздами та холодними підвалами	3,5	3,3	3,0	2,5
4	Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані вище рівня землі	2,8	2,6	2,2	2,0
5а*	Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані нижче рівня землі	3,75	3,45	3,0	2,7
5б		2,5	2,3	2,0	1,8
6	Вікна, балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади	0,6	0,56	0,5	0,45
7	Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,44	0,41	0,39	0,32
8	Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	0,6	0,56	0,54	0,45
9	Вхідні двері в квартири, що розташовані вище першого поверху	0,25	0,25	0,25	0,25
* Для будинків садибного типу і будинків до 4 поверхів включно					

Найменший ефект спостерігається при підвищенні опору теплопередачі перекриттів підвалів багатоповерхових будинків. Тому вимоги до цього показника встановлюються в залежності від поверховості будинків (табл. 2.3). Отримані дані дозволили встановити оптимальні значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових та громадських будинків в залежності від температурної зони експлуатації.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 2

1. На існуючому етапі розвитку вирішення завдання з підвищення енергетичної ефективності вітчизняних будинків є забезпечення енергетичної ефективності теплоізоляційної оболонки будинків. Обов'язковою умовою енергоефективності будинку є теплова надійність його теплоізоляційної оболонки, що визначається властивістю її конструктивних елементів зберігати в установлених межах значення теплотехнічних показників, які приймалися при проектуванні будинку.

2. Випробування характеристик теплової надійності огорожувальних конструкцій є одним з визначальних елементів загальної методологічної системи забезпечення енергоефективності будинків. Для проведення таких випробувань необхідно розробити відповідні методи експериментального дослідження названих характеристик.

3. При існуючому та прогнозному співвідношенні теплового ефекту від підвищення рівня теплоізоляції непрозорих фасадних конструкцій житлових та громадських будинків й вартості теплоізоляції оптимальне значення опору теплопередачі складає $2,8 \dots 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Подальше підвищення опору теплопередачі стін вище $3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ вже не суттєво підвищує загальний економічний ефект при прогнозній ціні на енергоносії.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Методи дослідження температурних полів огорожувальних конструкцій

Для правильного проектування теплозахисту огорожувальних конструкцій експлуатованих житлових будинків необхідно досліджувати температурні поля різних ділянок зовнішніх стін, тобто розрахувати розподіл температур або по окремих січеннях, або в усьому об'ємі конструкції.

У реальних конструкціях зовнішніх огорожень, особливо в стінових панелях будівель, фактично не можна виділити площу, у межах якої забезпечувалася б одномірність температурного поля. Наявність у конструкції огороження різних теплопровідних включень у вигляді ребер, обрамлень віконних прорізів, внутрішніх і зовнішніх виступаючих частин, примикань внутрішніх конструкцій приводить до утворення в них складних двох- і тривимірних температурних полів.

У загальному вигляді температурне поле зовнішніх огорожень конструкцій описується наступним рівнянням:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(x, y) \frac{\partial t}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda(x, y) \frac{\partial t}{\partial y} \right] = 0. \quad (3.1)$$

Одним з методів теоретичного дослідження температурних полів є метод аналогового моделювання процесу теплопередачі через огороження, а для дослідження нестационарних температурних полів запропонований метод гідравлічних аналогій. В основу методу покладена аналогія між тепловим і гідравлічним процесами.

					<i>ДРМ 317.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Наконечний Н.Я.</i>			<i>СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА</i>		
<i>Перевірив</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
					<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
					<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		

Однак, при розрахунках температурних полів складних конструкцій методом аналогій виявляються недоліки цього методу, такі як значна трудомісткість, недостатня точність тощо, що робить такі дослідження нераціональними.

Для масових розрахунків температурних полів зовнішніх огорожень використовують теоретичні дослідження, які передбачають заміну дійсного фізичного процесу математичною моделлю. Чисельне рішення рівняння (3.1) зводиться до обчислення значень температур в вузлових точках сітки, на яку розбивається досліджуваний вузол огорожувальної конструкції, за допомогою рішення системи рівнянь.

3.2. Програмний пакет ELCUT

В даний час для реалізації чисельних методів розрахунку температурних полів розроблені комп'ютерні програми, що дозволяють з високою точністю будувати температурні поля в неоднорідних конструкціях різної складності як у двох-, так і тримірному просторі. Вихідні дані визначають конфігурацію і розміри досліджуваної області, межі її ділянок та умови теплообміну на межах.

Оцінка точності чисельних методів розрахунку температурних полів обчислюється шляхом зіставлення отриманих результатів з окремими випадками аналітичних рішень і експериментальними дослідженнями. Похибки чисельних рішень складаються з похибок при вирішенні диференціальних рівнянь кінцево-різницевиими методами похибки від обчислень, причому остання складова може виявитися вище в аналітичних рішеннях, тому що ці рішення містять суму членів ряду, що зменшуються.

При експериментальних дослідженнях виникають похибки вимірювань, крім того, на результати впливають різні випадкові чинники, наприклад, фактична нестационарність умов, розбіжність розрахункових і фактичних величин теплопровідності стінових матеріалів, їх неоднорідність

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

тощо. Зазвичай порівняння результатів аналітичного, експериментального і чисельного методів вирішення показує хороший збіг результатів дослідження, зокрема 1–3% від найбільшого значення температур.

При виборі розрахункової програми для вивчення температурних полів зовнішніх стін необхідно враховувати конструктивне рішення стін, що характеризуються застосуванням теплотехнічних неоднорідних матеріалів, складною формою стиків, сполучень зовнішніх стін з іншими конструкціями, наявністю теплопровідних включень та ін. Разом з тим, перетини таких огорож по висоті та довжині є, як правило, незмінними, що дозволяє виділити типові ділянки, в межах яких формуються двовимірні температурні поля.

ELCUT – це інтегрована діалогова система, яка дозволяє виконати розрахунки стаціонарних та нестаціонарних двовимірних температурних полів огороджувальних конструкцій будівель.

Створення математичної моделі в програмі відбувається у три етапи:

- введення геометричних об'єктів та маніпулювання ними;
- завдання властивостей, джерел поля та граничних умов;
- побудова сітки кінцевих елементів.

Типова послідовність кроків при вирішенні нового завдання представлена на блок-схемі (рис. 3.1). Результатом розрахунку по програмі ELCUT є значення температур в кожному вузлі розрахункової сітки кінцевих елементів. На підставі цих величин програма будує температурні поля у вигляді ізоліній температур. Температурні поля дають наочне уявлення про особливості теплопередачі на ділянках стіни. Крім того, визначаються температури в різних точках на внутрішній поверхні огороження (τ_e , °C), а також розподіл температур по горизонтальних та вертикальних перерізах у місцях теплопровідних включень та сполучення зовнішніх стін з іншими будівельними конструкціями.

Для прикладу, за допомогою програми ELCUT виконано розрахунок двовимірних стаціонарних температурних полів при температурі зовнішнього повітря: $t_n = -1$ °C; $t_n = -7$ °C; $t_n = -25$ °C. На підставі виконаних

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

розрахунків побудовано графіки розподілу температури вздовж товщини стінової панелі (рис. 3.2).

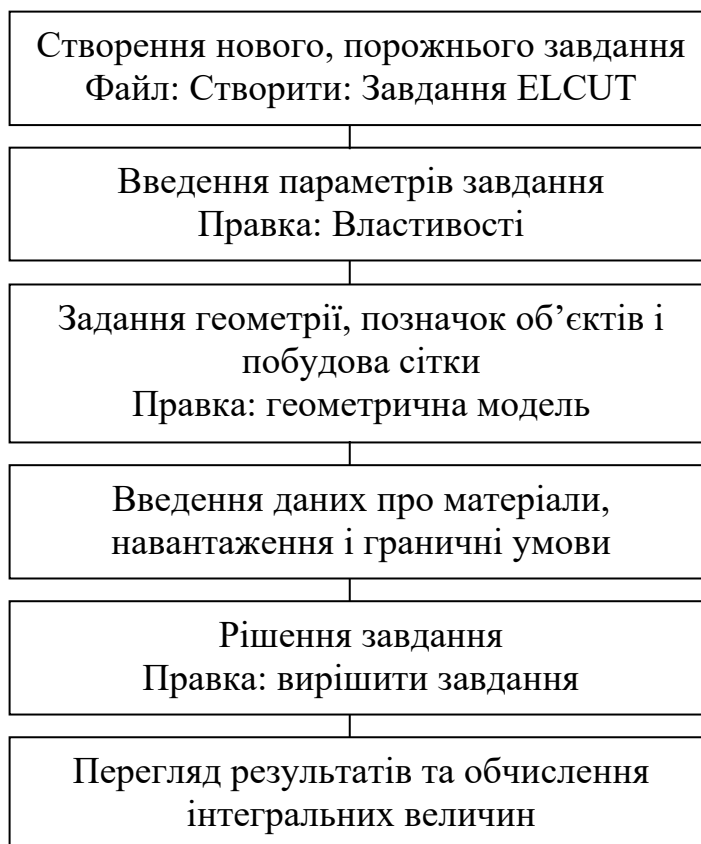


Рис. 3.1. Блок-схема послідовності кроків програми ELCUT

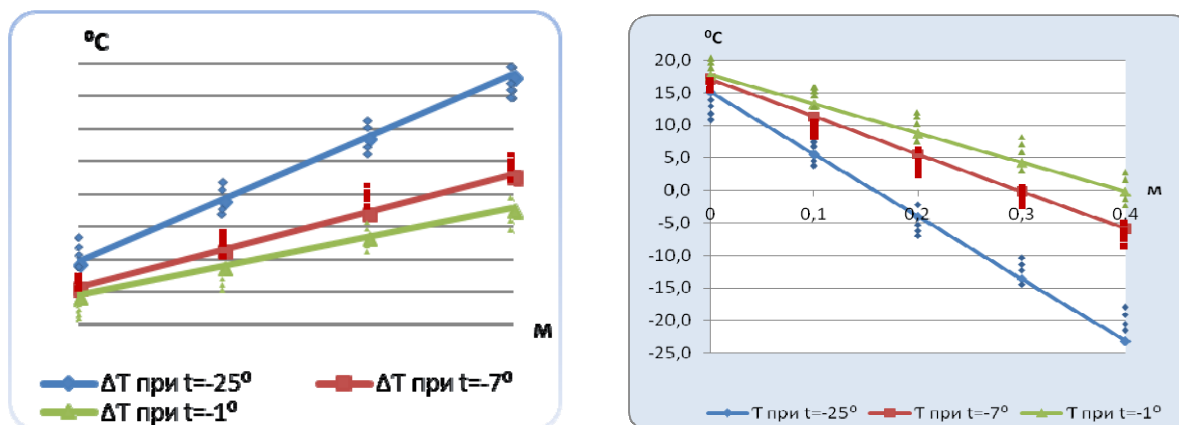


Рис. 3.2. Розподіл температури вздовж товщини стінової панелі

3.3. Програмний пакет ANSYS

Теплове моделювання відіграє важливу роль при проектуванні багатьох інженерних задач, включаючи теплообмінники, трубопровідні системи та компоненти електронних схем, двигуни внутрішнього згоряння, турбіни та ін. Найчастіше інженери розраховують теплові поля для подальшого визначення термічних напружень. Програмний комплекс ANSYS охоплює широке коло задач теплофізичного моделювання як теплових пристроїв, так і інших об'єктів, в яких теплові процеси протікають одночасно з іншими процесами. Задача теплового аналізу полягає в розрахунку розподілу температур та теплових параметрів в системі або компонентах системи. Зазвичай представляють інтерес наступні теплові параметри:

- поле температур;
- величина теплових втрат;
- температурні градієнти;
- теплові потоки.

Основою теплового аналізу в ANSYS є рівняння теплового балансу, отримані відповідно до принципу збереження енергії. Програмне забезпечення ANSYS вирішує поставлені задачі методом кінцевих елементів, отримуючи в результаті рішення поле температури. Потім ANSYS використовує температурне поле для визначення інших теплових параметрів.

Тепловий аналіз підтримують наступні модулі пакету ANSYS:

- Ansys Multiphysics;
- Ansys Mechanical;
- Ansys Professional;
- Ansys Flotran.

Користувачам доступні як стаціонарні, так і нестаціонарні теплові задачі з урахуванням трьох основних типів теплообміну: теплопровідність, конвекція та теплообмін випромінюванням. Також є можливість моделювати фазові переходи й створювати нелінійні моделі матеріалів.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Оцінка терміну окупності витрат на створення будівельних конструкцій з підвищеними показниками теплоізоляції

Підвищення показників теплової надійності теплоізоляційної оболонки та енергоефективності будинків – це надання нової якості відповідним конструктивним елементам, що можливе лише при збільшенні їх початкової вартості. Привабливість будь-якого інвестиційного процесу оцінюється за терміном окупності вкладених коштів і можливістю отримання прибутків від цих фінансових операцій.

Методам оцінки терміну окупності приділяється значна увага у зв'язку з тим, що інвестиції та прибуток є різночасовими фінансовими потоками, внаслідок чого існує велика кількість факторів, які впливають на точність прогнозу. Як базові значення приймаються фактичні показники опору теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, що підлягає реконструкції. Для нового будівництва приймається в якості базового значення опору теплопередачі на рівні норм, що діяли в нашій країні до початку їх реформування. Визначення різниці між базовим значенням та значенням тепловтрат будинку, що відповідає вимогам енергоефективності, ΔQ , дозволяє, з урахуванням ККД теплового обладнання для отримання теплоти на опалення будинку, встановити відповідну економію теплоти. Значення цієї економії в грошовому еквіваленті зручно представляти, виходячи з вартості 1 Гкал теплоти, що залежить від вартості палива в поточний час і визначається за формулою

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата							
Розробив		Наконечний Н.Я.			ОБґРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Тарасенко М.Г.									
Консульт.		Малюта Л.Я.									
Н. контр.		Коваль В.П.									
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.									
					ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМм-61						

$$S_{1Гкал} = \frac{4,187 \cdot 10^3 \cdot S_z}{Q_p^n \cdot 1000}, \quad (4.1)$$

де $S_{\tilde{a}}$ – вартість 1000 м³ газоподібного палива, у.о. (як грошову одиницю при характеристиці палива будемо приймати ту одиницю, яка застосовується у розрахунках між нашою країною та країнами імпортерами палива, тобто в доларах США, або, як прийнято це в практиці – в у.о.);

Q_p^n – нижня теплота згоряння палива, МДж/кг;

$4,187 \cdot 10^3$ – розмірний коефіцієнт.

Відповідна економія теплоти в грошовому обчисленні

$$SE_m = S_{1Гкал} \cdot \Delta Q, \text{ у.о./рік.} \quad (4.2)$$

Окупність застосування енергоефективних виробів займає значний проміжок часу, тому необхідно враховувати інфляційні процеси, тоді значення SE_m зростає і визначається формулою:

$$SE_{mi} = E_m (1 + l), \quad (4.3)$$

де l – індекс річної інфляції.

Оцінювання початкових затрат на підвищення рівня теплоізоляції будинку здійснюється за показником вартості термічного опору $\tilde{S}_R$, грн./ (м²·К/Вт). Вартість теплоізоляційної оболонки площею A

$$SK = \tilde{S}_R \cdot R_{q\min} \cdot A. \quad (4.4)$$

З урахуванням умов отримання кредиту на інвестиції в підвищення

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

теплової надійності та енергоефективності показник SK дорівнює

$$SK_Z = SK(1 + pZ_e), \quad (4.5)$$

де p та Z_k – відповідно процентна ставка та термін кредитування.

Формула (4.5) справедлива при простих відсотках кредитування. Якщо кредит надається на умовах складного нарахування відсотків за довготерміновими кредитами, то початкові витрати слід визначати за формулою

$$SK_Z = SK(1 + p)^{Z_e}. \quad (4.6)$$

Інфляційні процеси зменшують суму отриманого кредиту до значення, що визначається за формулою

$$SK_r = \frac{SK_Z}{(1 + i)^{Z_e}}. \quad (4.7)$$

Відповідно термін окупності розраховується за формулою

$$T = \frac{SK_r}{SE_{mi}}. \quad (4.8)$$

Економіка нашої країни постійно знаходиться під впливом підвищення вартості енергоносіїв. З формули (4.8) виходить, що при підвищенні цін на паливо пропорційно зменшується термін окупності систем утеплення. Однак при рості цін енергоносіїв зростає і вартість теплоізоляційних матеріалів та виробів, що особливо важливо враховувати при складанні інвестиційних планів.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При цьому початкова вартість термічної одиниці матеріалу встановлюється при номінальній вартості енергоносіїв, при якій здійснювалось проектування та виготовлення теплоізоляційної оболонки будинку, що підлягає реконструкції в поточний період часу.

Розглянемо принцип оптимізації фінансових витрат на прикладі результатів типового енергоаудиту будинку дитячого виховного дошкільного закладу. На рис. 4.1 наведені вихідні дані для аналізу енергетичного стану будинку – структура тепловитрат по конструктивних групах теплоізоляційної оболонки, що отримана за результатами експериментальних досліджень. Найбільші тепловитрати припадають на світлопрозорі віконні конструкції. Для всіх елементів теплоізоляційної оболонки зафіксовані незадовільні значення показників теплоізоляції – для стін, покрівлі, дверей, вікон. Для кожної із цих груп були запропоновані конкретні конструктивні рішення (система фасадного утеплення на основі газобетонних виробів із штукатурним опоряджувальним шаром, сучасні віконні конструкції, тощо).

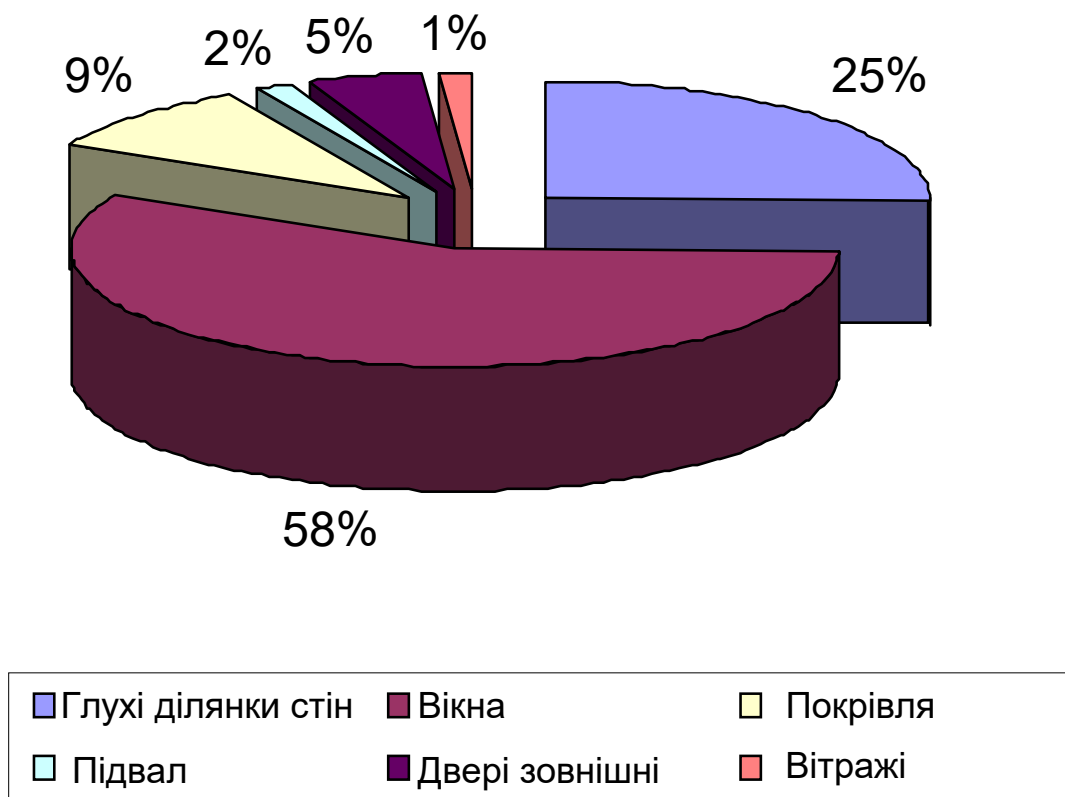


Рис. 4.1. Структура тепловитрат типового будинку дитячого садка

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для реалізації всього комплексу термомодернізації будинку знадобиться більше ніж 1,5 млн.грн., що є величезною для комунального об'єкта сумою. Визначення стратегії здійснення інвестиційних енергозберігаючих заходів ґрунтувалось на підставі аналізу енергетичної ефективності конструктивного заходу (термомодернізація віконних конструкцій забезпечує річну економію 23 т у.п., зовнішніх стін – 10 т у.п., дахових конструкцій – 3,8 т у.п.), терміну його окупності, потужності вторинних соціальних ефектів від його реалізації.

Термін окупності визначався за вищенаведеною методикою. Результати розрахунків приведені на рис. 4.2, де колонками у точки показано дані при умові безвідсоткового кредиту, що є теоретично можливим для бюджетних об'єктів, а іншими колонками – при загальних умовах кредитування. Перша колонка даних відображає фінансові особливості формування цін в нашій країні на час проведення енергетичного аудиту (2012 р.), коли ціна на енергоносії для об'єктів житлово-комунального господарства та бюджетних соціальних об'єктів була штучно низькою за рахунок державних дотацій.

Будинки соціальної сфери країни – дитячі садки, школи, тощо, в переважній своїй більшості експлуатуються вже понад 20-30 років. При цьому ремонт фасадів цих будинків, як правило, не проводився і їх зовнішній вигляд потребує кардинального покращення. Тому варто враховувати ті неминучі витрати, які потребує надання будинку сучасного вигляду і без проведення його утеплення. При подальшій експлуатації будинку без його термореконструкції буде затрачатися значна кількість енергії з низьким ступенем забезпеченості комфортного теплового режиму в приміщеннях, що має негативний соціальний ефект – погіршення здоров'я дітей, необхідність постійних витрат на їхнє лікування, відриву їхніх батьків від виробництва з одночасною виплатою коштів у період хвороб дітей. Слід враховувати і екологічні фактори (рис. 4.2) – утримання додаткового енергопостачального обладнання при експлуатації будинків без термореконструкції, його ремонту,

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

витрати на встановлення устаткування по очищенню паливних відходів і виконання екологічних вимог.

Проведення термореконструкції будинку дозволяє: підвищити ступінь забезпеченості комфортних теплових умов у приміщенні дитячого садка, знизити за рахунок цього рівень захворюваності дітей, знизити соціальні витрати на оплату лікарняних для їхніх батьків; знизити кількість енергії на опалення будинку, а за рахунок цього – знизити витрати на компенсацію очисних заходів при виробленні теплової енергії та поліпшити екологічні показники, а крім того, термореконструкція збільшує термін служби будинку.

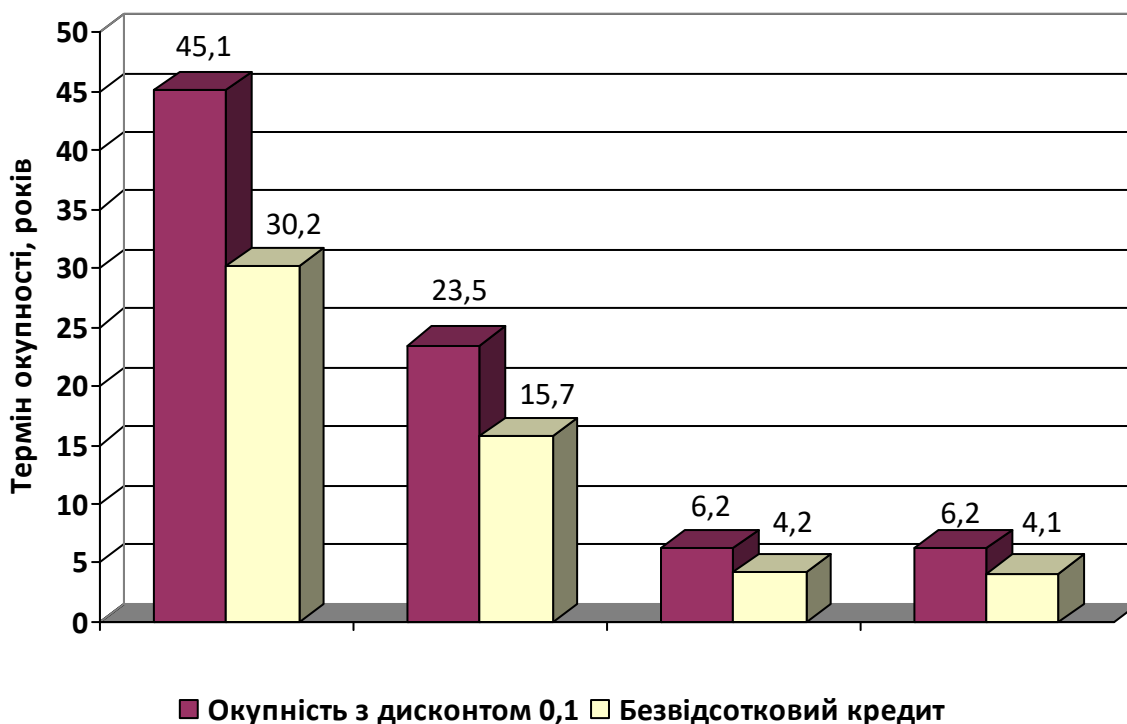


Рис. 4.2. Термін окупності конструктивних заходів з термомодернізації теплоізоляційної оболонки будинку

1 – при ціні природного газу менше 200 \$/1000 м³, 2 – при ціні природного газу 400 \$/1000 м³, 3 – те саме, що 2 з урахуванням соціальних ефектів та підвищення довговічності, 4 – те саме, що 3 з урахуванням екологічних ефектів

Для випадку реконструкції будинків соціальної сфери формулу (4.8) можна представити у вигляді

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$T = \frac{K}{E_c + E_p + E_e}, \quad (4.9)$$

де K – капітальні затрати на реалізацію заходу; E_c – соціальна економія; E_p – економія від підвищення терміну служби будинку й зменшення витрат на планові ремонти; E_e – економія від зниження витрат на компенсацію очисних заходів при виробленні теплової енергії. Розрахунок терміну окупності зведемо в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Розрахунок терміну окупності по конструктивних групах

Конструктивна група	K , грн.	E_c , грн./рік	E_p , грн./рік	E_e , грн./рік	T , років
Непрозорі стіни	300 000	6 000	21 000	4 890	9,4
Вікна	180 000	6 000	18 000	4 800	6,26
Дах	150 000	6 000	45 000	6 750	2,6
Вітражі	90 000	15 000	42 000	7 200	1,4
Зовнішні двері	15 000	15 000	54 000	6 000	0,2
Підвал	6 000	6 000	33 000	6 900	0,13

Для об'єкту, що розглядається, найбільший термін окупності має реалізація конструктивних рішень з теплоізоляції стін – 9,4 роки, найменший термін – 0,13 року, має утеплення підвалів. В той же час, при всій загальній привабливості енергозбереження, початкові кошти для реалізації енергозберігаючих заходів залишаються незмінними та для дитячого садка досить значимі, що в умовах загальної недостачі коштів для утримання об'єктів комунальної власності є визначальним.

Висновок. Запропонований принцип оцінки терміну окупності енергозберігаючих заходів та методика визначення раціональних витрат при реконструкції будинків забезпечують підвищення енергоефективності будинків при їх реконструкції з урахуванням можливості обмеження коштів на здійснення реконструкції у вітчизняних користувачів.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Вимоги безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт

Монтаж будівельних конструкцій відноситься до робіт з підвищеною небезпекою. Робітники, які виконують монтажні роботи, повинні пройти медичний огляд, спеціальну підготовку, здати іспит та отримати посвідчення на право виконання робіт. Вантажопідйомні машини та такелажні пристрої до початку роботи і в процесі експлуатації повинні проходити технічний огляд.

Огляд вантажопідіймальних машин та механізмів проводять щомісяця. Траверси оглядають не рідше одного разу на 6 місяців, стропи – кожні 10 днів. Зовнішній огляд сталевих тросів слід проводити щодня. Такелажні пристрої випробовують навантаженням, яке на 25 % перевищує розрахункову вантажопідйомність. Дату випробувань та вантажопідйомність вказують на бирках, прикріплених до захватних пристроїв. Крани слід встановлювати відповідно до проекту виконання робіт, при цьому необхідно забезпечити безпечні відстані кранів від ліній електропередачі, скосів котлованів, габаритів будівель та споруд.

При вільному монтажі підняті елементи необхідно утримувати від розгойдування відтяжками. Конструкції, що не володіють достатньою жорсткістю, треба посилювати згідно з проектом. Розстропування монттованих елементів проводять лише після надійного їх закріплення. До остаточного закріплення повинна бути забезпечена їх стійкість за допомогою тимчасових з'єднань.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ		
Розробив		Наконечний Н.Я.					
Перевірив		Тарасенко М.Г.					
Консульт.		Гурик О.Я.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

Заборонено поєднувати монтажні роботи на одній захватці по вертикалі з іншими роботами на нижніх поверхах при висоті будівлі менше п'яти поверхів. Поєднувати ці роботи можна лише у виняткових випадках.

Монтажники повинні перебувати поза межами встановлюваних конструкцій з боку, протилежного їх подачі. Складальні операції на висоті здійснюють зі спеціальних помостів або колисок. Монтажники-верхолази повинні мати спеціальний одяг, неслизьке взуття та запобіжні пояси. Для переходу від однієї конструкції до іншої повинні бути передбачені східці, перехідні містки та трапи.

Майданчик, на якому проводять монтаж, є небезпечною зоною, і перебувати на ньому заборонено. Межу небезпечної зони визначають колом, радіус якого рівний вильоту стріли крана, плюс 7-10 м від контуру вантажу, що піднімається (на відстань 7 м може відлетіти вантаж при підйомі його на висоту до 20 м та на 10 м – при підйомі на висоту до 100 м). Керувати підйомом конструкцій повинна лише одна людина – бригадир монтажної бригади або ланковий. Команду «Стоп!» може подати кожен робітник, який помітив небезпеку.

Монтажні роботи заборонено проводити при вітрові силою 6 балів (10-12 м/с) і вище на висоті, у відкритих місцях, при ожеледиці, сильному снігопаді та дощі. При використанні баштових кранів останні повинні бути ретельно закріплені. Перед початком монтажних робіт систематично оглядають застосовувані троси та стропи.

Всі захватні пристосування до початку використання перевіряють та позначають бирками із зазначенням допустимої вантажопідйомності. Результати випробувань реєструють у спеціальних журналах. Перед підйомом елементів монтажник зобов'язаний уважно оглянути стан монтажних петель, захватних пристосувань, правильність стропування. Не дозволяється відривати краном вантажі, що примерзли до землі, засипані ґрунтом, захаращені іншими елементами.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При монтажі конструкцій підходити до них та починати установку в проектне положення можна лише після того, як елемент опущений на відстань не більше 30 см від місця установки. Під час перерв у роботі забороняється залишати вантаж висіти на гаку крана.

Найбільш небезпечними є роботи на висоті. Верхолазними вважають роботи, які виконують на висоті понад 5 м від поверхні ґрунту або робочого настилу. Працюючі на висоті монтажники повинні користуватися касками, запобіжними поясами, нековзним взуттям. Карабіни запобіжних поясів пристібають до стійких елементів або спеціально натягнутих канатів. Всі монтажні роботи на висоті виконують з риштування, які розраховані на навантаження людей, інструментів та допоміжних матеріалів.

5.2. Вимоги безпеки при виконанні штукатурних робіт

До виконання штукатурних робіт допускаються особи не молодше 18 років, які вивчили інструкції з експлуатації обладнання, що входить в штукатурний комплект, пройшли навчання та отримали відповідні знання з обслуговування електроустаткування, знають правила надання першої допомоги та правила протипожежної безпеки. Допуск до обслуговування штукатурної станції та обладнання оформляється наказом по будівельній організації після перевірки знань правил безпеки.

При роботі штукатурної станції всі електрифіковані інструментом та механізми необхідно заземлити. Для виконання штукатурних робіт на висоті слід застосовувати інвентарні засоби (підмостки, площадки та ін.). При веденні робіт на висоті 1,3 м і більше та відстані менше 2 м від межі перепаду по висоті робочого місця повинні бути інвентарні огороження. До початку робіт всі працівники повинні бути забезпечені необхідними засобами захисту: спецодягом, спецвзуттям, засобами індивідуального захисту.

Щоб уникнути виробничих травм, навантаження на настили риштувань

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

не повинні перевищувати величин, зазначених в інструкціях та паспортах заводів-виготовлювачів. Ширина настилів для штукатурних робіт встановлюється не менше 1,5 м. Неприпустимо укласти робочі настили на випадкові та ненадійні опори.

Виходячи із наявності шкідливих та небезпечних виробничих факторів, майстра-штукатура до початку виконання робіт необхідно забезпечити:

- при підготовці поверхні вручну – захисними окулярами;
- при підготовці та обробці поверхні електрифікованим інструментом – діелектричними рукавицями, калошами, килимком, респіратором, окулярами;
- при хімічному впливі – 2, 3, 9 % -ним розчином соляної кислоти, респіратором, окулярами, рукавичками гумовими кислотостійкими, фартухом;
- при роботі на висоті без огорожень – запобіжним поясом;
- при роботі з пилоподібними матеріалами (цемент, гіпс та ін.) – респіратором, окулярами;
- при роботі з пневмоінструментом – віброзахисними рукавицями.

Розбирання, ремонт та чистка устаткування, яке застосовується при механізованих штукатурних роботах, проводиться після зняття тиску та відключення машин від електромережі. Продування шлангів стисненим повітрям допускається лише після видалення людей за межі небезпечної зони.

В процесі роботи штукатурної станції необхідно стежити за цілісністю ізоляції електрокабелів, пристроїв безпеки, чистотою обладнання, надійністю огорожень, наявністю у штукатурів засобів індивідуального захисту. На рукоятках рубильників вхідного пристрою, пульта керування встановлюють таблички «Не включати. Працюють люди». Переносні струмоприймачі (інструмент, машини, світильники та ін.), які використовуються на штукатурних роботах, повинні працювати на напрузі не більше 36 В.

При виконанні штукатурних робіт мокрим способом у зимовий час приміщення необхідно ретельно просушувати. Для цього використовуються калорифери на рідкому паливі, газові пальники, лампи інфрачервоного ви-

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

промінювання. Застосовувати у цих цілях мангали, жаровні, бочки та інші ємності, наповнені палаючим коксом або вугіллям, забороняється. Відповідальність за забезпечення та дотримання безпечних умов праці на об'єкті будівництва у відповідності з наведеними вимогами покладається на майстра або виконавця робіт.

5.3. Пожежна безпека будівель та споруд

Населенням експлуатується велика кількість електрообладнання, тому є ймовірність виникнення пожежі при необережному поводженні, замиканні чи інших факторах. Слід зазначити, що на розвиток пожежі у будівлях та спорудах значно впливає здатність окремих будівельних елементів чинити опір впливу теплоти, тобто їх вогнестійкість. Вогнестійкість – здатність будівельних елементів чинити опір нагріванню до критичної температури, утворенню наскрізних тріщин. Вогнестійкість визначається межею вогнестійкості.

При проектуванні та будівництві будівель та споруд передбачаються заходи, які запобігають поширенню вогню шляхом:

- поділу будівлі протипожежними перекриттями на пожежні відсіки;
- поділу будівлі протипожежними перегородками на секції;
- влаштування протипожежних перешкод;
- влаштування протипожежних дверей та воріт.

Протипожежна перешкода – конструкція у вигляді стіни, перегородка, покриття, або об'ємний елемент будівлі, призначені для запобігання поширенню пожеж у прилеглих до них приміщеннях. До протипожежних перешкод ставиться ряд вимог. Протипожежні стіни мають спиратися на фундаменти, фундаментні балки, встановлюються на всю висоту будинку, перетинаючи всі поверхи і конструкції. Протипожежні стіни можуть не підніматися над дахом, якщо всі елементи горища, за винятком даху, виконані з негорючих матеріалів. У протипожежних стінах дозволяють прокладати вентиляційні і димові канали

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

так, щоб у місцях їх розміщення межа вогнестійкості протипожежної стіни з кожного боку каналу була не менша 2,5 години.

Для розподілу будівлі на пожежні відсіки замість протипожежних стін допускаються протипожежні зони, які виконуються у вигляді вставки по всій ширині і висоті будинку. У межах зони ставлять пожежні сходи на дах, а в зовнішніх стінах зони – двері або ворота.

Отвори у протипожежних стінах, перегородках та перекриттях повинні бути обладнані захисними пристроями (двері, вогнезахисні клапани та водяні завіси) проти поширення вогню та продуктів горіння. Не допускається встановлювати будь-які пристрої, які перешкоджають нормальному закриванню протипожежних дверей, а також знімати пристрої для їх самозакривання. У разі перетинання протипожежних перешкод зазори, що утворилися, повинні бути наглухо зашпаровані негорючим матеріалом.

Протипожежні відстані між будівлями мають виключати згорання сусідньої будівлі протягом часу, який необхідний для приведення у дію засобів пожежегасіння. Для цього є певні норми протипожежних відстаней між будівлями і спорудами, ці відстані залежать від ступеня вогнестійкості будівель та споруд, а також пожежної небезпеки виробництв, які в них розташовані.

Для захисту конструкцій із металу, дерева, полімерів застосовують відповідні речовини (штукатурка, спеціальні фарби, лаки, обмазки). Зниження горючості полімерних матеріалів досягається введенням в них наповнювачів, нанесенням вогнезахисних покриттів. Наповнювачі захищають речовину та полімери, перешкоджають розкладу деревини і виділенню горючих газів.

При виникненні пожежі на початковій стадії виділяється тепло, токсичні продукти згорання, можливі обвалення конструкцій. Тому слід враховувати необхідність евакуації людей у визначені терміни. Показником ефективності евакуації є час, протягом якого люди можуть при необхідності залишити окремі приміщення та будівлю загалом.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6

БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Класифікація небезпек та їх системний аналіз

Небезпеки класифікують за локалізацією (літосфера, гідросфера, атмосфера, космос — клас природних небезпек), за наслідками (стомлення, стрес, отруєння, аварія, катастрофа, захворювання, смерть — клас антропогенних небезпек), за шкодою (соціальна, технічна, екологічна — соціокультурні небезпеки), за сферами діяльності (побутова, виробнича, спортивна, дорожньо-транспортна, військова), за структурою (прості, складні, похідні), за характером дії (активні, пасивні). Це типи небезпек, що складають класи, групи.

Серед класу небезпек можна виділити групи небезпек — латентні або скриті та явні — легко проявляються (наприклад насильницькі — повстання, економічне, психічне насилля). Групи небезпек складаються з їх родів, які утворюють укрупнені цілі — екологічні, соціальні, державнополітичні. Роди небезпек складаються з видів небезпек, для яких характерна певна ціль. Наприклад, в класі природних небезпек можна виділити категорію явних небезпек — отруєння довкілля. Категорію складають роди, види екологічних небезпек (наприклад, загроза сукупності тварин, рослин) Можна ідентифікувати вид — небезпека загибелі певному виду тварин. Вид складають підвиди небезпек. Наприклад, голод через зменшення поголів'я тварин.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		
Розробив		Наконечний Н.Я.					
Перевірив		Тарасенко М.Г.					
Консульт.		Клепчик В.М.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61		

Отже, можна навести схему аналізу небезпек. Наприклад, біогенетична небезпека — тип, який може мати підтип — конкретна небезпека для певного виду тварин або рослин. Цей підтип містить клас небезпек — наприклад природний, який можуть складати категорії — відкриті або скриті загрози (навмисне знищення рослин, тварин або їх занесення до Червоної книги). Підвид цієї категорії — продовольча криза від порушення гармонії взаємозв'язків у системі «Природа, технології, техніка, людина».

Головним об'єктом та метою безпеки є: особистість, група людей, суспільство, нація, цивілізація. Поняття «Нація» — ієрархічна система, яка складається з таких елементів, підсистем, як «держава» — підсистема управління, «суспільство» — соціальна підсистема, «матеріально-технічна база» держави, «природно-географічне середовище». До складу будь-якої системи входять також і взаємозв'язки між всіма елементами системи.

Вирішуючи питання безпеки необхідно знайти комплексне вирішення проблеми, орієнтуючись не на окремий елемент, а на забезпечення стабільності всієї системи, враховуючи надійність зв'язків між її елементами. Для цього застосовують методи оцінки ризику здійснення несприятливої події — теорію ймовірності, принципи системного аналізу, яких виділяють чотири. Перший — процес прийняття рішення залежить від чіткого формулювання кінцевої мети. Другий — наявна проблема являє собою єдине ціле — систему, в якій необхідно виявити взаємозв'язки, щоб отримати конкретне рішення. Третій — аналіз всіх можливих альтернативних шляхів досягнення мети. Четвертий — цілі безпеки окремих елементів не повинні суперечити цілям безпеки всієї системи.

Системний підхід виконує евристичні функції, фіксуючи недостатність старих, традиційних методів дослідження та дозволяє створювати нові. Його застосовують для підготовки рішень складних проблем військового, політичного, соціального, економічного, наукового,

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

технічного напрямків з метою знаходження шляхів їх альтернативного вирішення. Системний аналіз базується на теоріях дослідження операцій та черговості, методах експертних оцінок. Його технічною основою є обчислювальні машини, інформаційні системи. Коли існує одна чітка мета, ступінь досягнення якої можна оцінити на основі одного критерію, використовують методи математичного програмування.

Перші методологічні принципи такого підходу до загальної теорії систем були запропоновані Л. Берталанфі. У 1972 р. у Лаксенбурзі, поблизу Відня, був створений міжнародний інститут прикладного системного аналізу (IIASA), який веде наукові дослідження в галузі міжнародного співробітництва, охорони довкілля, освоєння ресурсів Світового океану.

Системний підхід в аналізі безпеки людини полягає у виявленні причин, що викликають небажані результати, дозволяє передбачити наслідки дії небезпечних та шкідливих чинників у різноманітних сферах діяльності. У будь-якій діяльності формуються дві основні сфери — гомосфера та ноксосфера. Суміщення цих сфер неприпустимо, бо це різко підвищує кількість нещасних випадків — травм, аварій, катастроф. Їх необхідно обов'язково розділити у часі та просторі за допомогою дистанційного управління процесами — автоматизації, роботизації, певними позначками, умовними знаками. Це дозволяє виключити або, принаймні, зменшити дію небезпечного чинника на людину.

Основна властивість безпеки — потенційність, тобто скритість, можливість проявитися за певних умов. Проявлення безпеки — актуалізація, яка частіше всього є результатом незнання, необізнаності, недисциплінованості, невихованості. Саме внаслідок цього люди, знаючи про небезпеку, діють невірною, актуалізуючи її, тобто створюють умови для прояву травм, професійних захворювань.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

6.2. Безпека населення у надзвичайних ситуаціях

Ефективність захисту населення у надзвичайних ситуаціях (НС) може бути досягнута лише на основі усвідомленого урахування принципів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях та ефективному використанні всіх засобів й способів, що послаблюють її негативні впливи та збільшують безпеку населення. Принципи забезпечення безпеки в умовах НС за ознаками їх реалізації умовно ділять на три групи.

Перша – це завчасна підготовка та накопичення засобів захисту (колективних та індивідуальних) від небезпечних й шкідливих чинників, забезпечення їхньої готовності для використання населенням, а також підготовка до проведення заходів щодо евакуації населення з небезпечних зон (зон ризику).

Друга – диференційований підхід у забезпеченні повного обсягу захисних заходів в залежності від виду джерел небезпечних та шкідливих чинників, а також від місцевих умов.

Третя – комплексне ефективне застосування засобів та способів, які забезпечують надійний захист від наслідків НС, узгоджене здійснення усіх заходів, що гарантують безпеку життєдіяльності в сучасному техносоціальному середовищі.

Основний засіб захисту населення в надзвичайних ситуаціях – це евакуація населення, його укриття у захисних спорудах, наприклад у бомбосховищах, використання засобів індивідуального захисту та медичної профілактики.

Захисні споруди – це інженерні об'єкти, спеціально призначені для захисту населення від фізичних, хімічних, біологічно небезпечних та шкідливих чинників. В залежності від захисних властивостей їх ділять на захисні та протирадіаційні укриття (ПРУ), які повинні відповідати будівельним нормам і правилам (СНіП 2.01.51–90).

Крім цього колективного способу захисту, важливі засоби

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

індивідуального захисту населення від потрапляння всередину організму, на шкірні покриви та одяг радіоактивних, отруюючих речовин та бактеріальних засобів.

Важливу роль в цьому відіграють медичні засоби індивідуального захисту, які призначені для профілактики і надання медичної допомоги населенню, постраждалому у НС. З їх допомогою можна зберегти життя, попередити або значно зменшити ступінь розвитку ураження людей, підвищити стійкість організму людини до впливу деяких небезпечних і шкідливих чинників (іонізуючих випромінювань, токсичних речовин та бактеріальних засобів). До них відносяться радіопротектори (наприклад, цистамін, що знижує ступінь впливу випромінювань), антидоти (речовини, що попереджують або послаблюють дію токсичних речовин), протибактеріальні засоби (антибіотики, інтерферони, вакцини, антитоксини), а також засоби часткового санітарного опрацювання (індивідуальний перев'язувальний пакет, індивідуальний протихімічний пакет).

Велике значення для забезпечення безпеки життєдіяльності населення у НС має завчасне здійснення заходів, адекватних виниклій ситуації. Для цього необхідно навчити населення, робітників діям у НС, організувати своєчасне оповіщення про загрозу виникнення НС, проведення радіаційної, хімічної та бактеріологічної розвідки, а також дозиметричного й лабораторного (хімічного) контролю; проведення профілактичних протипожежних, протиепідемічних та санітарно-гігієнічних заходів, створення запасів матеріальних засобів для проведення рятувальних невідкладних аварійних робіт, які необхідно провести після аварії.

Для зменшення негативних наслідків аварії на підприємстві важливим є порядок оповіщення. При аварії, масштаби якої не виходять за межі санітарно-захисної зони (СЗЗ) об'єкту, сповіщаються чергові зміни аварійних служб, невоєнізована охорона, цехи, які потрапляють в зону

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

хімічного зараження, керівний склад та штаб ЦЗ об'єкту, керівництво підприємства, установи, організації, в тому числі тих, які розташовані поблизу СЗЗ.

Оповіщення про аварію проводиться черговим диспетчером по об'єктовій системі оповіщення з використанням гучномовців та електросирен. Черговий диспетчер повинен доповісти черговому по відділу з надзвичайних ситуацій (НС) підприємства та міста (області).

Якщо масштаби аварії виходять за межі СЗЗ об'єкту, черговий диспетчер в першу чергу сповіщає чергову зміну аварійно-технічних служб, керівництво цехів, які потрапляють в зону хімічного, біологічного, радіаційного зараження. Необхідно сповістити керівний склад та штаб ЦЗ об'єкту, органи державної адміністрації, чергових по відділу з НС міста (області) та по відділу внутрішніх справ. Це необхідно для швидкого оповіщення підприємств, установ, організацій (в першу чергу дитячі заклади і школи) та населення. Текст звернення до працівників і службовців та населення повинен бути розроблений завчасно та затверджений начальником цивільної оборони міста (району, області).

Своєчасне попередження населення про виникнення надзвичайних ситуацій здійснюється за допомогою сирен, гудків промислових підприємств, словами: «Увага всім!». За цим сигналом всі повинні включити радіотрансляційні точки, радіо-, телеприймачі та прослухати повідомлення. Щоб орієнтуватися у власних діях, необхідно знати зміст сигналів, характерних для НС на кожному небезпечному об'єкті та виконувати суворо визначені дії. Всі повідомлення штабу ЦО повторюють на протязі 5 хвилин.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7

ЕКОЛОГІЯ

7.1. Екологічний ефект підвищення вимог до теплотехнічних показників ізоляційної оболонки будинків

Проблема енергозбереження будинків давно вже перестала бути проблемою регіональною і має глобальне значення, що насамперед стосується екологічного ефекту від застосування енергоефективних споруд та обладнання. Проведені дослідження дозволили розробити нове покоління норм проектування будинків, в яких на підставі концепції теплової надійності ізоляційної оболонки будинку забезпечується підвищення енергоефективності будинків при новому будівництві та реконструкції. Введення в практику вітчизняного будівництва показників енергетичної ефективності при виборі конструктивних рішень будинків забезпечує зниження тепловитрат на їх опалення, що, по-перше, значно поліпшить макроекономічні показники країни, а по друге – дозволить позитивно впливати на покращення екології, що вже є глобальною задачею.

Розробка та впровадження державних норм та стандартів з урахуванням прогресивних світових тенденцій приводить до формування та застосування конструктивних принципів, що забезпечують необхідні експлуатаційні показники будинків. Підвищення вимог до опору теплопередачі зовнішніх стін житлових та громадських будинків, що було здійснено в Україні у 1994-1996 роках, забезпечило перехід від одношарових стін та тришарових стін на жорстких зв'язках до використання більш ефективних конструктивних рішень.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив		Наконечний Н.Я.					
Перевірив		Тарасенко М.Г.					
Консульт.		Лясота О.М.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера		
					Аркуш		
					Аркушів		
					ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМм-61		

Зниження витрат на опалення будинків суттєво впливає на екологічний стан навколишнього середовища. Нове покоління норм діє із 01.07.2013 р. Протягом 2013 р. виконувалось проектування будинків за цими нормами і починаючи з 2014 р. здійснюється зведення будинків відповідно до нових норм. Оцінку енергетичної ефективності введення нових нормативів можна здійснити по об'єму нового житлового будівництва, починаючи з 2015 р.

Значна частина нових будинків ще підключена до централізованої системи теплопостачання. Середня енергетична ефективність централізованої системи теплопостачання оцінюється в 50 %. Це означає, що тільки половина первинного палива, перетвореного на теплових станціях та в котельнях, досягає будинків для цілей опалення. Розрахунковий енергозберігаючий ефект по паливу, витраченому на вироблення теплової енергії в систему теплопостачання цих будинків, відповідно до сформульованих положень, наведений в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Ефект енергозбереження по паливу внаслідок введення
сучасних нормативних вимог, ТДж

Показник	Рік		
	2016	2017	2018
Енергозберігаючий ефект	314	342	370
Річне енергозбереження з урахуванням раніше побудованих будинків	314	656	1026
Накопичувальний підсумок енергозбереження по відношенню до 2015 р.	314	970	1996

Розрахунок зниження викидів двоокису вуглецю (CO₂) можна отримати перерахуванням загального зниження енергоспоживання по наступних коефіцієнтах: природному газу 50 т CO₂ / ТДж, мазуту 77,3 т CO₂ / ТДж,

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вугілля 99,1 т CO₂/ТДж. Загальне зниження викидів парникових газів розраховано з урахуванням того, що теплові станції та котельні України працюють 50 % на природному газі, 30 % на мазуті та 20 % на вугіллі. У табл. 7.2 наведені результати розрахунку зниження викидів парникових газів (CO₂) від зниження споживання енергії на опалення.

Україна є членом Кіотського протоколу і викиди парникових газів є об'єктом міждержавних бізнес-контрактів. Одна тонна CO₂ коштує біля \$10. Таким чином, Україна може заробляти від 214 тис. до 1 млн. доларів США, які можуть бути направлені на подальше удосконалення енергоефективних конструкцій та обладнання із забезпеченням росту можливих контрактів в цій галузі економіки країни.

Таблиця 7.2

Зниження викидів парникових газів CO₂ внаслідок
макроекономічного ефекту енергозбереження, тис.т

Зниження витрат	Рік		
	2016	2017	2018
Природного газу	7,9	8,6	9,3
Мазуту	7,3	7,9	8,6
Вугілля	6,2	6,8	7,3
Загальне зниження	21,4	23,3	25,2
Річне зниження з урахуванням раніше побудованих будинків	21,4	44,7	69,9
Сумарне зниження по відношенню до 2015 р.	21,4	66,1	136

7.2. Екологія будівельних матеріалів

Екологічність людського житла сьогодні, на початку ХХІ століття, стала актуальна, як ніколи раніше. З розвитком нових технологій, появи нового вигляду транспорту, нарощуванням темпів виробництва людство все

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

далі йде від тих початкових умов, в яких колись зародилася цивілізація.

Сьогодні кількість будівельних і обробних матеріалів збільшилася в рази. Кількість будівельних компаній вимірюється сотнями, кількість компаній, що поставляють матеріали – тисячами. При цьому постачальників в першу чергу цікавить прибуток, а будівельників – економія. Тому весь асортимент будівельних матеріалів, вживаних в сучасному будівництві, можна розділити на матеріали, відносно безпечні, та матеріали, які потребують строгого контролю.

До відносно безпечних матеріалів можна віднести найбільш традиційні, виготовлені на природній основі: цеглу, камінь, бетон, обробні матеріали на основі гіпсу, дерево, скло. Небезпечнішими будівельними матеріалами, з погляду екології, є матеріали з високою кількістю полімерів в складі: різного роду пластики, лінолеум, покрівельні матеріали, а чемпіони по шкідливості – лаки, фарби і матеріали на основі фенолів і формальдегідів. Останні можуть дати вельми несприятливу дію на здоров'я людини. Лінолеум або ламінат при нагріванні навіть сонячним світлом виділяють цілу гамму органічних і токсичних речовин. Неякісні фарби і лаки з часом можуть викликати алергію або астму. Статистика ринку будівельних матеріалів достатньо тривожна. Більше 50 % всіх будівельних матеріалів на внутрішньому ринку не можна назвати безпечними для здоров'я. Багатьом не під силу пройти навіть найпростішу екологічну експертизу.

Найсприятливішими компонентами в справі екологічного забруднення житлових приміщень можна назвати формальдегід і фенол. Ці високотоксичні, летючі гази обумовлюють головні болі, алергію, роздратування слизових оболонок. Фенол та формальдегід присутні майже у всіх полімерних матеріалах, в деревностружкових плитах, використовуваних при виробництві меблів, в декоративних деталях, деяких тканинах, килимових покриттях і в клеях. Виділення цих компонентів відбувається протягом тривалого терміну – від одного місяця до декількох років. Залежить воно від характеру матеріалу,

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

температури, вологості, вентиляції. Активність викидання летючих токсинів з часом або скорочується, або, навпаки, зростає. Нові вироби з ДСП можуть спочатку виділяти запах, який, незабаром зникне. Чим старше стають фарбовані стіни, тим більше вірогідність попадання фенолу і формальдегіду в повітря, оскільки достатньо швидко відбувається розтріскування захисного шару.

Далеко небезпечним матеріалом є азбест, який, на щастя, все рідше застосовується в будівництві. Проте, його джерелом можуть бути пошкоджені або використані неналежним чином обробні, ізоляційні, протипожежні матеріали. Отруєння азбестом не дає негайних симптомів. Проте довготривале перебування в зараженій азбестом квартирі приводить до різних онкологічних і легеневих захворювань.

Бетон, в порівнянні з іншими будівельними матеріалами, є достатньо чистим і екологічним будівельним матеріалом, але тільки за винятком випадків, коли в нього додають присадки у вигляді форміату або нітриту натрію, що впливають на швидкість твердіння. Нітрит натрію є сіллю азотистої кислоти, всі солі якої отруйні. Попадання їх в організм людини, наприклад, при проведенні будівельних робіт, викликає важкі ураження (розширення кровоносних судин, утворення в крові метабемоглобіну), небезпечні для життя.

Для додання бетону більшої пластичності нерідко застосовується пластифікатор С-3, де міститься 6-10 % сульфату натрію NaSO_4 . Такий склад несе чималу екологічну небезпеку, хоч і не взаємодіє з людським житлом безпосередньо. Що ж до радону – безбарвного, але радіоактивного газу, частого супутника природних мінералів, то і він може представляти небезпеку для здоров'я і життя. При кімнатній температурі радон є одним з найважчих газів. Але його дії скоріше можуть піддатися жителі садибних будинків, ніж жителі багатоповерхівок. Надходження радону від ґрунту на порядок вище, ніж від конструкцій. До того ж треба розуміти, що використовувані у будівництві матеріали впливають на екологію житла не кожен окремо, а у сукупності.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Екологічність можна оцінювати по різних параметрах: по шкоді для людей, по шкоді для навколишнього середовища, по шкоді для персоналу, задіяного у виробництві того чи іншого матеріалу. Якщо аналізувати весь спектр будівельних матеріалів з погляду їх екологічності у складі побудованої будівлі, то майже всі будівельні матеріали є відносно екологічно чистими, оскільки виготовляються переважно з природних матеріалів. Значно більшу шкоду для людини можуть представляти предмети побуту та домашньої обстановки. Наприклад, меблі з ДСП і ламінат, оскільки в їх склад входять хімічні реагенти, синтетичні смоли і т.д. Що стосується будівельних матеріалів, то більшість їх не має контакту з людиною, а різні хімічні компоненти не виділяються, якщо тільки матеріал не піддається діям високих температур.

Зрозуміла справа, що при такій різноманітності чинників, що негативно впливають на екологію людського житла, будівельники повинні знати заходи профілактики і протидії, а контролюючі органи мати довершений і налагоджений механізм перевірок, покликаний не допустити явних порушень. Один з шляхів вирішення проблеми екології будівельних матеріалів – застосування нових матеріалів високої якості. Певний прогрес в цьому питанні досягнутий, особливо, що стосується звукоізоляції приміщень.

Багато експертів дотримуються думки, що аналізувати на відповідність санітарно-гігієнічним нормам взагалі має сенс тільки матеріали, які знаходяться з людиною в безпосередньому контакті, оскільки конструктив будівлі безпосередньо не стикається з місцем існування людини, а якщо і стикається, то тільки в період будівельний-ремонтних робіт. У решті всіх випадків він ізолюваний від житлового приміщення саме внутрішньою оболонкою з обробних матеріалів. Саме вони і стають основним предметом аналізу фахівців. Всі матеріали, які випускаються нашою і зарубіжною промисловістю, повинні мати гігієнічні висновки санітарно епідеміологічної експертизи. І такі висновки дійсно є, інакше на територію країни їх не пропустить митниця.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

У списку товарів і виробів, що підлягають в Україні обов'язковій сертифікації, не так вже багато найменувань. У їх числі цемент, керамічна і силікатна цегла, керамічна плитка, вікна і двері для житлових споруд. У більшості випадків сертифікація того чи іншого продукту – справа добровільна. Часто будівельні або торгуючі організації йдуть на це неохоче, оскільки це витратна стаття бюджету. Проте бувають ситуації, коли такі витрати з комерційної точки зору виправдані. Наприклад, при проведенні тендерів, заявка в проекті сертифікованих матеріалів дає відчутну перевагу. Все частіше ми зустрічаємося з ситуацією, коли будівельна організація і девелопери, намагаючись продати той чи інший об'єкт нерухомості, особливо преміум класу, в своїх рекламних кампаніях роблять упор на високому класі житла, мотивуючи це не тільки площею або планувальними рішеннями, але і застосуванням екологічно чистих матеріалів.

Саме по собі визначення «екологічно чистий матеріал» є скоріше рекламним або маркетинговим ходом, оскільки абсолютно екологічно чистих матеріалів не буває. Щоб матеріал відповідав цьому поняттю, треба, щоб він був абсолютно чистий на етапі видобування сировини, на етапі виробництва матеріалу, на етапі експлуатації та утилізації. Таких матеріалів не буває. Що ж до екологічності або неекологічності того чи іншого будинку (приміщення), то будівельна організація повинна мати висновки по всіх матеріалах, що використовувалися на об'єкті, а фірма виробник зобов'язана вказувати на етикетці всі компоненти, що входять до складу суміші, фарби чи іншого матеріалу. Чи це так насправді – сказати складно. Теоретично, застосування несертифікованих матеріалів виключити не можна, оскільки далеко не всі нові матеріали потрапляють в лабораторії на аналіз.

В той же час проблема екологічності житла і будівельних матеріалів не здається надуманою. Прагнення наших будівельників побудувати дешевше і продати подорожче – добре відома практика, і тенденція економити на якості матеріалів абсолютно очевидна.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Запропоновано та обґрунтовано системне визначення теплової надійності та критеріїв теплових відмов огорожувальних конструкцій, що дозволяє по новому здійснювати аналіз експлуатаційних властивостей будинків та розробляти конструктивні принципи з усунення та запобігання недопустимих енергетичних станів будівельних об'єктів, як новозбудованих, так і різних поколінь забудови.

2. Запропонована методологія забезпечення енергоефективності будинків та підвищення теплової надійності конструкцій теплоізоляційної оболонки будинків на стадії розроблення технічних рішень, проектування та впровадження в практику будівництва дозволяє вирішувати стратегічну задачу зниження енерговитрат на експлуатацію житлових та громадських будинків.

3. Розроблено комплекс експериментальних методів визначення теплофізичних характеристик теплоізоляційних матеріалів та теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій, що дозволяє вже на стадії проектування встановлювати параметри теплоізоляційної оболонки будинків з урахуванням впливу експлуатаційних факторів та зміни в часі їх теплофізичних властивостей.

4. Запропоновано економічний цикл поліпшення енергетичного статусу національного парку житлових та громадських будинків за рахунок створення інвестиційної привабливості забезпечення енергоефективності житлових та громадських будинків, реалізація якого приведе до зниження енергозалежності від держав-постачальників енергоресурсів.

					ДРМ 317.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розробив	Наконечний Н.Я.						
Перевірив	Тарасенко М.Г.						
Консульт.	Тарасенко М.Г.						
Н. контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гагарин В.Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий / В.Г.Гагарин // Актуальные вопросы строительной физики. – М.: НИИСФ, 2009. – С.297-305.
2. Смирнова Т. Требования к теплоизоляции в конструкции вентилируемой фасадной системы / Т.Смирнова // Актуальные вопросы строительной физики. –М. : НИИСФ, 2009. – С.427-429.
3. Тимофеев М.В. Розрахунки теплової ізоляції будівель / Тимофеев М.В., Фаренюк Г.Г. – Донецьк, Норд-Прес, 2009. – 73 с. – (Навчальний посібник).
4. Фаренюк Г.Г. Оцінка теплового режиму огорожувальних конструкцій фасадів складної геометрії / Фаренюк Г.Г., Венжего Г.С. // Будівництво України – 2008. – № 4. – С.16-19.
5. Фаренюк Г.Г. Теплотехнические характеристики фасадных комбинированных систем / Фаренюк Г.Г., Фаренюк Е.Г. // Оконные технологии. – 2001. – № 6. – С.35 – 45.
6. Фаренюк Г.Г. Математическая модель теплового поля здания / Г.Г.Фаренюк, В.В.Горин // Оконные технологии. – 2002. – № 10. – С.47-48.
7. Хоменко В.П. Справочник по теплозащите зданий / В.Хоменко, Г.Фаренюк – К.: Будівельник, 1986. – 215 с.
8. Чернявський В.В. Аналіз стану та проблеми термомодернізації житла фасадними системами / Чернявський В.В., Лопаткін Р.В., Фаренюк Г.Г. // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2009. – Вип.18. – С.424 – 430.

					<i>ДРМ 317.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		
<i>Розробив</i>		<i>Наконечний Н.Я.</i>					
<i>Перевірив</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
					<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		