

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені Ю.М. ПОТЕБНИ**  
**КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**  
(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота (проект)**

*магістр*

(рівень вищої освіти)

на тему Енергоефективність зовнішніх стін при проектуванні будівель

---

---

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1921-мбгі  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна  
інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Міське будівництво та  
господарство

(назва освітньої програми)

Ель Хайуні Яссін

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н, Банах А. В.

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

Рецензент доц., к.т.н, Савін В.О.

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

Запоріжжя  
2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра міського будівництва і архітектури

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код та назва)

Освітня програма Міське будівництво та господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«12» септ 2022 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Ель Хайуні Яссін

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Енергоефективність зовнішніх стін при проєктуванні будівель

керівник роботи доц., к.т.н. Банах А. В.

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

затверджені наказом ЗНУ від «02» 06 2022 року № 597-с

1 Строк подання студентом роботи 01.12.2022

2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розв'язання проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Аналіз сучасних конструктивних рішень зовнішніх стін встановлена залежність між вартістю зекономленої енергії і витратами на відповідне підвищення їх теплоізоляційних властивостей



4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація із результатами аналітичних обґрунтувань наукових напраму досліджень, результатами експериментальних досліджень результати розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Банах А. В.		Yssine
2	Банах А. В.		Yssine
3	Банах А. В.		Yssine

6 Дата видачі завдання 01.09.2022

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Літературний огляд	01.10	визн.
2	Розділ 1	15.10	визн.
3	Розділ 2	01.11	визн.
4	Розділ 3	15.11	визн.
5	Розробка графічної частини	20.11	визн.
6	Оформлення роботи	25.11	визн.
7	Попередній захист	01.12	визн.

Студент Yssine  
(підпис)

Ель Хайуні Яссін  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

Банах А. В.  
(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер

Гребенюк І.В.  
(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Ель Хайуні Яссін. Енергоефективність зовнішніх стін при проектуванні будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник А.В. Банах. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2022.

В результаті вивчення сучасних конструктивних рішень зовнішніх стін встановлена залежність між вартістю зекономленої енергії і витратами на відповідне підвищення їх теплоізоляційних властивостей.

Ключові слова: ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, МАТЕРІАЛИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, УТЕПЛЮВАЧ, СТАНДАРТИ, ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ.

## ABSTRACT

El Hayouni Yassin. Energy Efficiency of External Walls in the Design of Building.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 192 - Construction and Civil Engineering, supervisor A.V. Banach. Engineering Educational and Scientific Institute named after Y.M. Potebny ZNU, Department of Urban Construction and Architecture, 2022.

As a result of studying modern design solutions for exterior walls, a relationship has been established between the cost of energy saved and the cost of a corresponding increase in their thermal insulation properties.

Keywords: THERMAL ENERGY, MATERIALS, EFFICIENCY, HEAT INSULATION, STANDARDS, THERMAL INSULATION.

## Зміст

	Вступ.....	6
Розділ 1	СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1	Розвиток будівельної теплотехніки і теплотехнічних норм проектування конструкцій .....	8
1.2	Конструктивне рішення зовнішніх стін .....	15
1.3	Програмне обґрунтування для розрахунку теплових втрат будівлі .....	24
1.4	Висновки по розділу .....	27
Розділ 2	ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ПРИМІЩЕННЯ В РІЧНОМУ ЦИКЛІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	29
2.1	Тепловий режим приміщення .....	30
2.2	Передача тепла через вікна .....	36
2.3	Теплообмен в помещении с учетом многократных отражений лучистых потоков.....	42
2.4	Моделювання змін кліматичних параметрів .....	46
2.5	Висновки по розділу .....	49
Розділ 3	СПІВСТАВЛЕННЯ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ І ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ ЗОВНІШНІХ СТІН.....	50
3.1	Теплотехнічні територіальні будівельні норми.....	50
3.2	Досліджувані варіанти конструктивних рішень .....	54
3.3	Результати розрахунку додаткової теплоізоляції .....	64
3.4	Загальні положення. Охорони праці .....	69
3.5	Пожежна безпека .....	70
3.6	Техніка безпеки при будівельних роботах.....	74
3.7	Правила безпеки при обстеженні будівельних конструкцій.....	77
3.8	Висновки по розділу .....	83
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	84
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Проблема економії енергоресурсів, і, в першу чергу непоновлюваних, стає усе більш актуальною. У загальному об'ємі енерговитрат значну долю складають енерговитрати на експлуатацію будівель. Тому вдосконалення нормативної бази, що регламентує теплоспоживання будівель в процесі їх експлуатації є безумовно актуальним.

Теплоспоживання будівель в експлуатаційний період визначається трьома головними чинниками: компенсацією тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції, гарячим водопостачанням і нагрівом холодного зовнішнього повітря, що поступає у будівлю. Економія тепла можлива по усіх трьох напрямках його використання.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є аналіз впливу на загальні тепловтрати їх складових по видах теплоспоживання. Завдання вирішується шляхом аналізу загального теплового балансу будівлі.

**Об'єкт дослідження.** Досліджується вплив вартості теплової енергії і теплоізоляційних матеріалів на ефективність рішень, що приймаються.

**Предмет дослідження.** Ефективність теплоізоляційних матеріалів.

**Методи дослідження.** При рішення поставлених завдань використовувалися узагальнення і аналіз теоретичних і практичних досліджень по темі роботи. Системний підхід є методологічною основою усього дослідження і використовується для вирішення більшості поставлених завдань. Методи класифікації використані для впорядкування методів утеплення. Ідеалізація, аналіз і моделювання використані при виконанні теплотехнічних розрахунків.

**Наукова новизна отриманих результатів.** В результаті вивчення сучасних конструктивних рішень зовнішніх стін встановлена залежність між вартістю заощадженої енергії і витратами на відповідне підвищення їх теплоізоляційних властивостей.

**Практичне значення отриманих результатів.** Проведені дослідження

зовнішніх стін дозволили встановити можливі межі зміни їх долі в загальних розмірах теплоспоживання будівель. В результаті виконаних досліджень розроблені пропозиції за методикою нормування параметрів теплоізоляції зовнішніх стін житлових і громадських будівель.

**Особистий вклад дослідника.** Постановці мети і завдання дослідження. Збір і аналіз даних для проведення дослідження.

**Апробація результатів роботи.** Результати роботи докладалися на II Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» з доповіддю «Тепловий режим приміщення в річному циклі експлуатації»[71].

**Структура і об'єм магістерської роботи.** Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел містить 91 сторінки, 17 рисунка, 6 таблиць 71 використаних джерел.

## РОЗДІЛ І.

### СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 1.1 Розвиток будівельної теплотехніки і теплотехнічних норм проектування конструкцій

Багатовіковий досвід будівництва житлових і громадських будівель виробив традиційні рішення, що відповідають регіональним умовам. Національні архітектурні і конструктивні рішення будівель зважали на специфіку кліматичних умов, наявність місцевих будівельних матеріалів. Проте інтенсивний ріст народонаселення привів до бурхливого росту об'ємів будівель, що знову зводилися. Значно розширився асортимент штучно створюваних будівельних матеріалів з великими діапазонами різних фізичних властивостей. У цих умовах при проектуванні будівель виникла необхідність не лише забезпечити їх міцність, але і створити необхідні для мешкання людини комфортні параметри мікроклімату в приміщеннях різного призначення. Вивчення теплотехнічних, светотехнічних, акустичних процесів стали основою будівельної фізики [9, 20, 37]. Створенню будівельної фізики як прикладної науки багато в чому сприяв і розвиток теоретичної фізики.

Перші реальні пропозиції щодо інженерних теплотехнічних розрахунків відносяться до середини минулого століття. Однак складність математичних моделей, що описують теплові процеси, і значну кількість складових будівлі конструктивних елементів з різними теплотехнічними властивостями, робили ці розрахунки досить наближеними. І лише з розвитком ЕОМ виникла реальна можливість практичної реалізації в інженерних розрахунках теоретичних досягнень будівельної теплотехніки.

Розвиток основ будівельної теплотехніки створив передумови для розробки відповідного розділу будівельних норм і правил. Головною метою перших редакцій СНиП було лише забезпечення комфортних умов у



будівлях різного призначення. Пізніше норми стали забезпечувати і економію енергетичних ресурсів.

Для забезпечення комфортних умов в приміщеннях необхідно виконати ряд санітарно-гігієнічних умов, частина з яких забезпечується підтримкою заданого температурного режиму або двох параметрів :  $t_e$  - нормативна температура внутрішнього повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ) і  $\Delta t^H$  - нормативний температурний перепад між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею стіни ( $^{\circ}\text{C}$ ). Виконання поставленого завдання залежить від теплотехнічних властивостей огорожуючих конструкцій, характеризуються переважно величиною опору теплопередачі  $R_0$  ( $\text{m}^2\text{C}/\text{Вт}$ ). Стосовно стін необхідне значення опору теплопередачі визначається формулою:

$$R_0^{\text{тр}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{\Delta t^H \alpha_{\text{в}}}$$

де  $t_{\text{н}}$  - температура зовнішнього повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $\alpha_e$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни ( $\text{Вт} / \text{m}^2\text{C}$ ).

У редакціях СНиП 1979 і 1982 років економічність огорожуючих конструкцій визначалася по мінімальному значенню приведених витрат  $\Pi$ . До складу приведених витрат в даному випадку включалася кошторисна вартість огорожуючих конструкцій, яка пропорційна величині термічного опору  $C_1 = K_1 R_0$ , де  $K_1$  - вартість огорожуючих конструкцій, з  $R_0 = 1$ . Друга складова приведених витрат - експлуатаційні витрати, які обернено пропорційні до термічного до опору :  $C_2 = \frac{K_2}{R_0}$ , де  $K_2$  - експлуатаційні витрати (на опалювання) для огорожуючих конструкцій, з  $R_0 = 1$ . Таким чином

$$\Pi = E_{\text{нн}} K_1 R_0 + \frac{K_2}{R_0}$$

$$\text{і } \Pi_{\text{min}} \text{ досягатися при } R_0^{\text{ЭК}} = \sqrt{\frac{K_2}{K_1 E_{\text{нн}}}}$$

Оскільки вартість конструкцій вимірюється в гривнях (грн.), а експлуатаційні витрати  $\frac{\text{грн}}{\text{рік}}$ , - у вираженні для  $R_0$  введений норматив, для приведення різночасних витрат  $E_m(\frac{1}{\text{рік}})$ .

У виданні норм 1986 року визначення  $R_0^{\text{ЕК}}$  за наведеною вище методикою було замінено на вичислення приведених витрат за напівемпіричною формулою. Відповідно до норм розрахунків необхідно було робити для кожного з варіантів конструкцій, що захищають, і приймати той, що відповідає значенню  $\Pi_{\text{min}}$ .

Прийняті в згаданих редакціях теплотехнічних норм методи визначення  $R_0^{\text{ЕК}}$  враховували економічну ситуацію того або іншого регіону, співвідношення вартостей енергетичних ресурсів і будівельних матеріалів, використовуваних для конструкцій, що захищають. Як показали розрахунки при порівняно невеликій різниці в  $R_0^{\text{ТР}}$  величини  $R_0^{\text{ЕК}}$  чітко відрізняються.

Ця відмінність обумовлена місцевими умовами, до яких передусім відноситься співвідношення вартості теплової енергії і будівельних матеріалів. Для районів з відносно низькою вартістю тепла і дефіцитом теплоізоляційних матеріалів значення  $R_0^{\text{ЕК}}$  знижується (рис. 1.1).

Істотні зміни зазнали теплотехнічні норми проектування будівель при створенні нової редакції СНиП II - 3-79\*[55] у 1995 році. Остаточна редакція цих норм після двох коригувань була прийнята в 2007 році [64]. В цілях економії енергоресурсів при експлуатації будівель розрахунків  $R_0^{\text{ЕК}}$  для різних регіональних умов був замінений нормуванням  $R_0^{\text{ТР}}$  залежно від градусо-днів опалювального періоду. Реалізація нових нормативних вимог проходила в два етапи - до 2000 року і після 2000 року. На першому етапі значення  $R_0^{\text{ТР}}$  знаходяться в межах 1.2- 3.2  $\text{м}^2\text{°C}/\text{В}_m$  для стін житлових будівель і 1.0- 3.0  $\text{м}^2\text{°C}/\text{В}_m$  - для громадських будівель. На другому етапі доводиться для стін житлових будівель до 2.1-5.6  $\text{м}^2\text{°C}/\text{В}_m$  і для громадських 1.8-4.8  $\text{м}^2\text{°C}/\text{В}_m$ . Крім того були посилені і гігієнічні вимоги

до стін в результаті зміни нормативного значення перепаду температур  $\Delta t_n$  (таблиця. 1.1.). У таблиці через  $t_p$  - позначена температура точки роси (С).

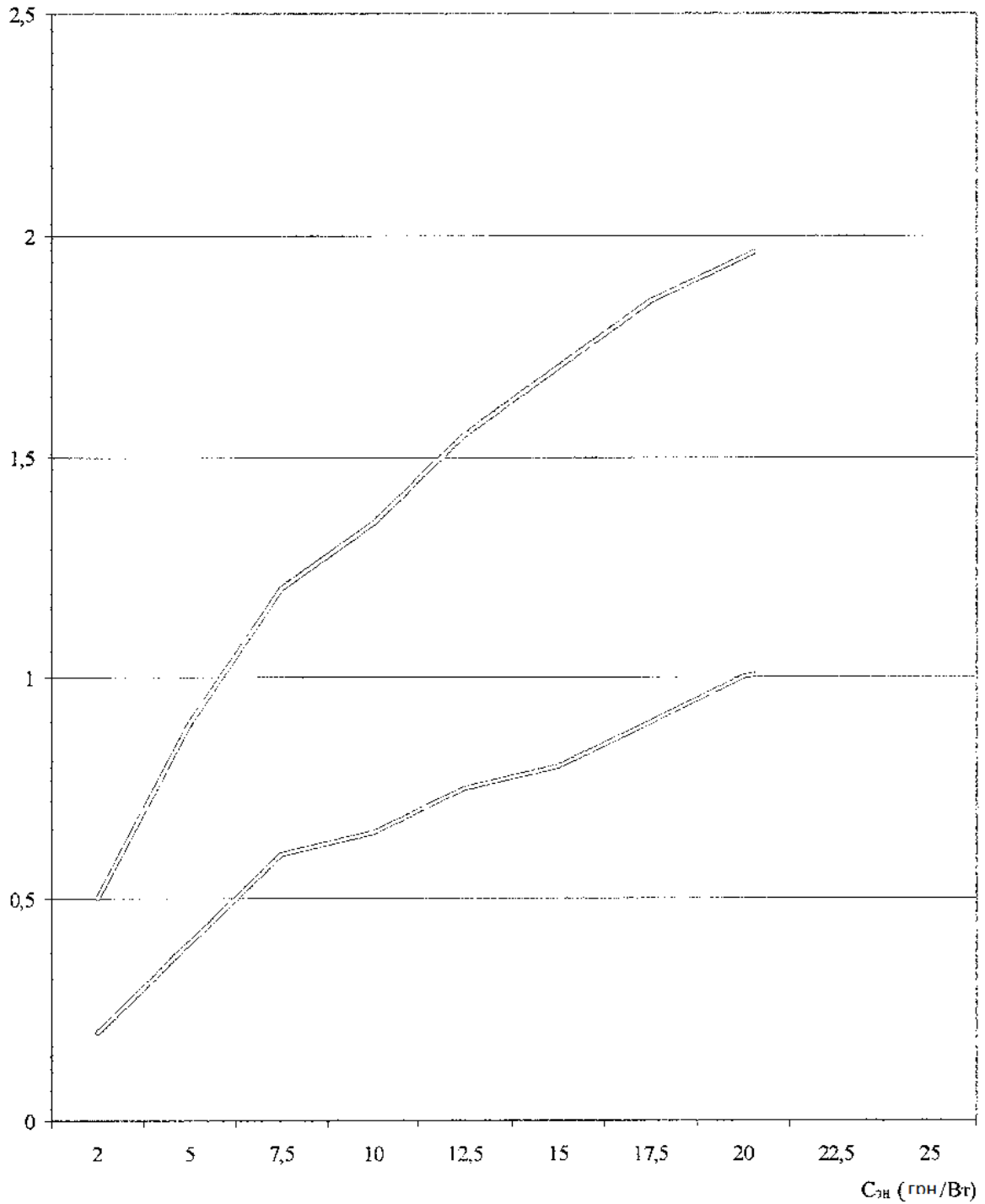


Рисунок 1.1 Відношення економічного термічного опору до потрібного залежно від вартості теплової енергії

Таблиця 1.1 - Нормативний температурний перепад  $\Delta t_n$  (°C) для стін.

Будівлі і приміщення	По нормах	
	1986 рік	2020 рік
Будівлі житлові, лікарняних установ (лікарень, клінік, стаціонарів, госпіталів), пологових будинків, будинків дитини, будинків-інтернатів для престарілих і інвалідів, спальні корпуси загальноосвітніх дитячих шкіл, будівлі дитячих садів, ясел, дитячих будинків, дитячих приемників- розподільників	6	4
Будівлі диспансерів і амбулаторно-поликлинічних установ, учбові будівлі загальноосвітніх дитячих шкіл	6	4
Громадські будівлі, окрім вказаних в п.п. 1,2 і допоміжні будівлі, приміщення промислових підприємств, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимами	7	4.5
Виробничі будівлі з сухим режимом	$t_B - t_p$ але не більше 10   7	
Виробничі будівлі з нормальним режимом	$t_B - t_p$ але не більше 8   7	
Виробничі будівлі зі значними надлишками явного тепла (більше $23 \frac{Вт}{м}$ ) і розрахункової відносної вологості внутрішнього повітря не більше 50%	12   -	

Прийнята методика нормування теплотехнічних параметрів конструкцій будівель, що захищають, викликала дискусію серед фахівців. Разом зі схваленням [19], було висловлено і ряд зауважень [30, 31, 32]. Крім того, сумарні тепловтрати будівель через зовнішні стіни залежать не лише від їх термічного опору. Певний вплив на величину тепловтрат робить характер об'ємно-планувальних і архітектурних рішень : співвідношення площ зовнішніх і внутрішніх стін, їх кількість, що доводиться на одиницю площі підлоги, розміри і кількість віконних отворів і ін. Оскільки в нормах ці обставини не враховуються, не стимулюється і розробка найбільш раціональних з точки зору енергозбереження проектних рішень. Передбачається, що в результаті посилення теплотехнічних норм по

проекуванню конструкцій будівель, що захищають, на кожному з етапів енергоспоживання знизиться на 20 % [32, 34]. Таким чином в результаті двох етапів економія повинна скласти 40 % від первинних витрат.

Заощадження  
теплової  
енергії

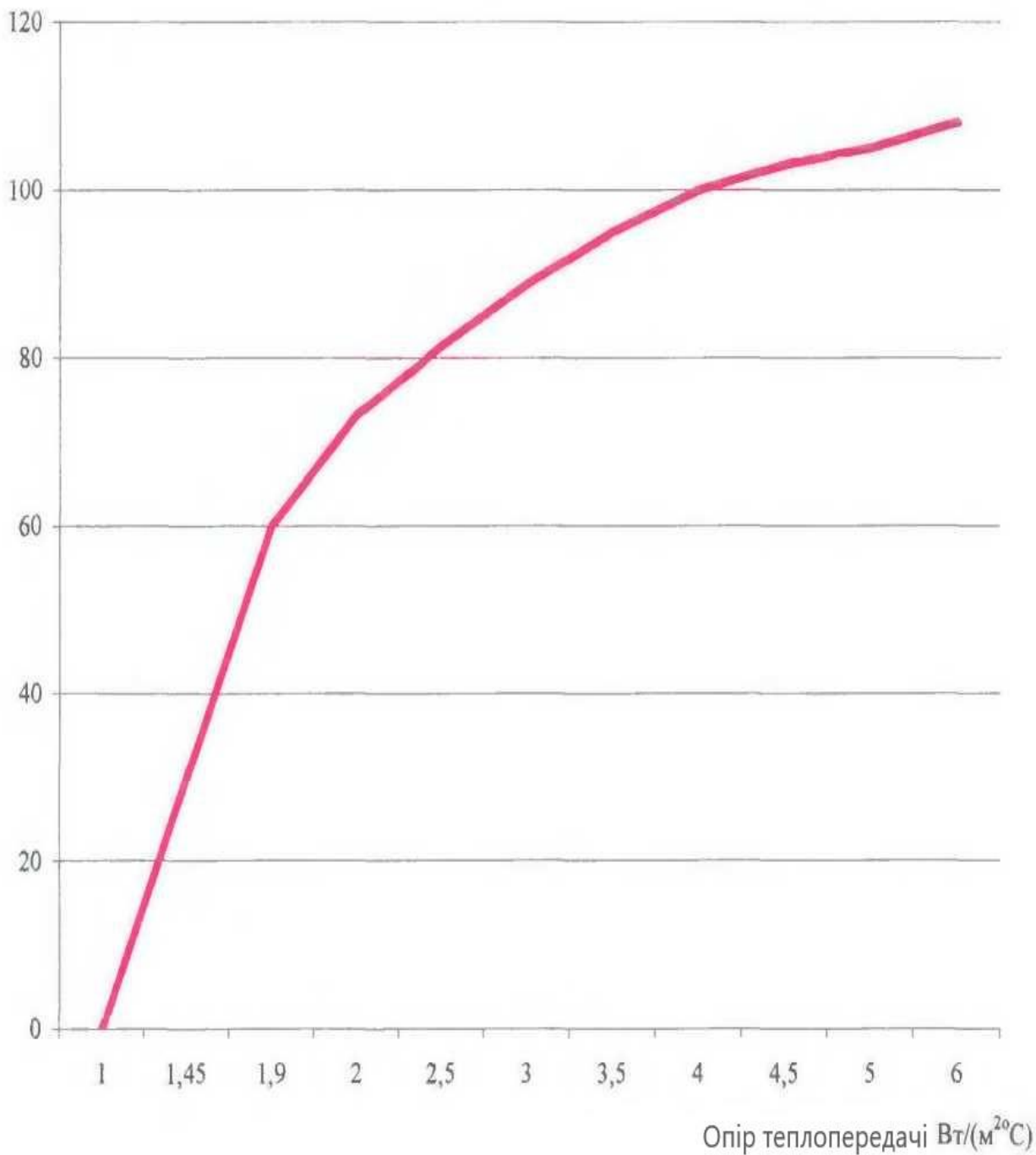


Рисунок 1.2 Економія теплової енергії залежно від підвищення опору теплопередачі зовнішніх стін житлових будівель



Вивчення структури теплоспоживання будівель показує, що воно складається з компенсації тепловтрат через конструкції, що захищають, нагріву вентиляційного повітря і гарячого водопостачання. Кількість теплової енергії на компенсацію тепловтрат через конструкції, що захищають, за оцінкою ряду авторів коливається в межах 35-45 % (у тому числі для вікон - 17 %)[2] чи 28-34 % (у тому числі для вікон - 14 %)[32]. Треба відмітити, що кількість заощадженої на втратах через конструкції енергії, що захищають, нелінійно пов'язано з величиною опору теплопередачі (рис. 1.2)[2, 32]. Розрахунки показують, що підвищення  $R_0^{\text{TP}}$  з точки зору енергозбереження малоефективно, при збільшенні значень  $R_0^{\text{TP}}$  більше, ніж в 2.5 рази [34].

Недостатня обґрунтованість прийнятої в 1995-1998 роках редакції норм на думку ряду фахівців не може привести до прогнозованої величини енергозбереження [30, 33, 54]. Відзначається і ряд негативних наслідків, викликаних новими вимогами. Зокрема зниження об'ємів житлового будівництва із-за невиправданого підвищення вартості конструкцій, що захищають, і дефіциту теплоізоляційних матеріалів; вимушеної відмови від застосування одношарових стін, у тому числі і цегляних, будівництво яких має в Україні багатовікову практику.

Слід також відмітити, що при переході на нормування теплозахисних якостей зовнішніх конструкцій, що захищають, з умов енергозбереження по градусо-суткам опалювального періоду неправомірно використовуються старі розрахункові значення коефіцієнта теплопровідності

матеріалів  $\lambda$  Вт/м<sup>2</sup>°С. Ці значення були призначені для нормування теплозахисних якостей зовнішніх конструкцій, що захищали, по температурах найбільш холодної п'ятиденки, трехденки, однієї залежно від масивності стін. Встановлені розрахункові коефіцієнти теплопровідності матеріалів стін відповідали їх експлуатаційній вологості на період максимального вологонасичення. Закладений в норми зміст вологи в

матеріалах стін на 15-30 % вище за середній значення за опалювальний період. Для цегляних стін ця невідповідність виражається в не виправданому збільшенні товщини стін на 10-12 см. Для керамзитобетонних панелей з об'ємною масою  $1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  на 14-15 см. Для минераловатних і утеплювачів пінопластів в стінних панелях - на 3-5 см. На закінчення необхідно відмітити, що прийнятий в діючі теплотехнічних нормах директивний метод суперечить сучасній ідеології нормування, відповідно до якої норми не повинні: пропонувати, як проектувати і будувати, а повинні встановлювати вимоги до будівельної продукції.

## 1.2 Конструктивне рішення зовнішніх стін

Упродовж багатьох століть стіни будівель в Україні зводилися з цеглини. Ці конструкції, надійні в експлуатації, вимагали великих витрат праці і часу на їх зведення. У міру розвитку індустрії будівельних матеріалів стали застосовуватися збірні стінні конструкції з панелей і блоків [1,2, 35].

У практиці вітчизняного будівництва широке застосування знайшли стіни з горизонтальних збірних керамзитобетонних, перлитобетонних, шлакобетонних і інших легкобетонних, а також ячеїстобетонних панелей і блоків. Як приклад на рис. 1.3 приведена структура конструктивних рішень стін промислових будівель з 1960 по 1980 року. Цеглина в стінах житлових і громадських будівель була витіснена типовими серіями панельних, великопанельних і блокових будинків.

Значний вклад в розробку конструктивних рішень стін з легенів і комірчастих бетонів і методів їх розрахунку внесли праці А.И. Ананьева, В. М. Лелюшенко, Т. Г. Маклаковой, В. Г. Назаренко, В. А. Рахманова, Ю.М. Солюса, П. З Суханова, Ф.В. Ушкова, В.С. Федорова, В. Р. Хлевчука і інших.

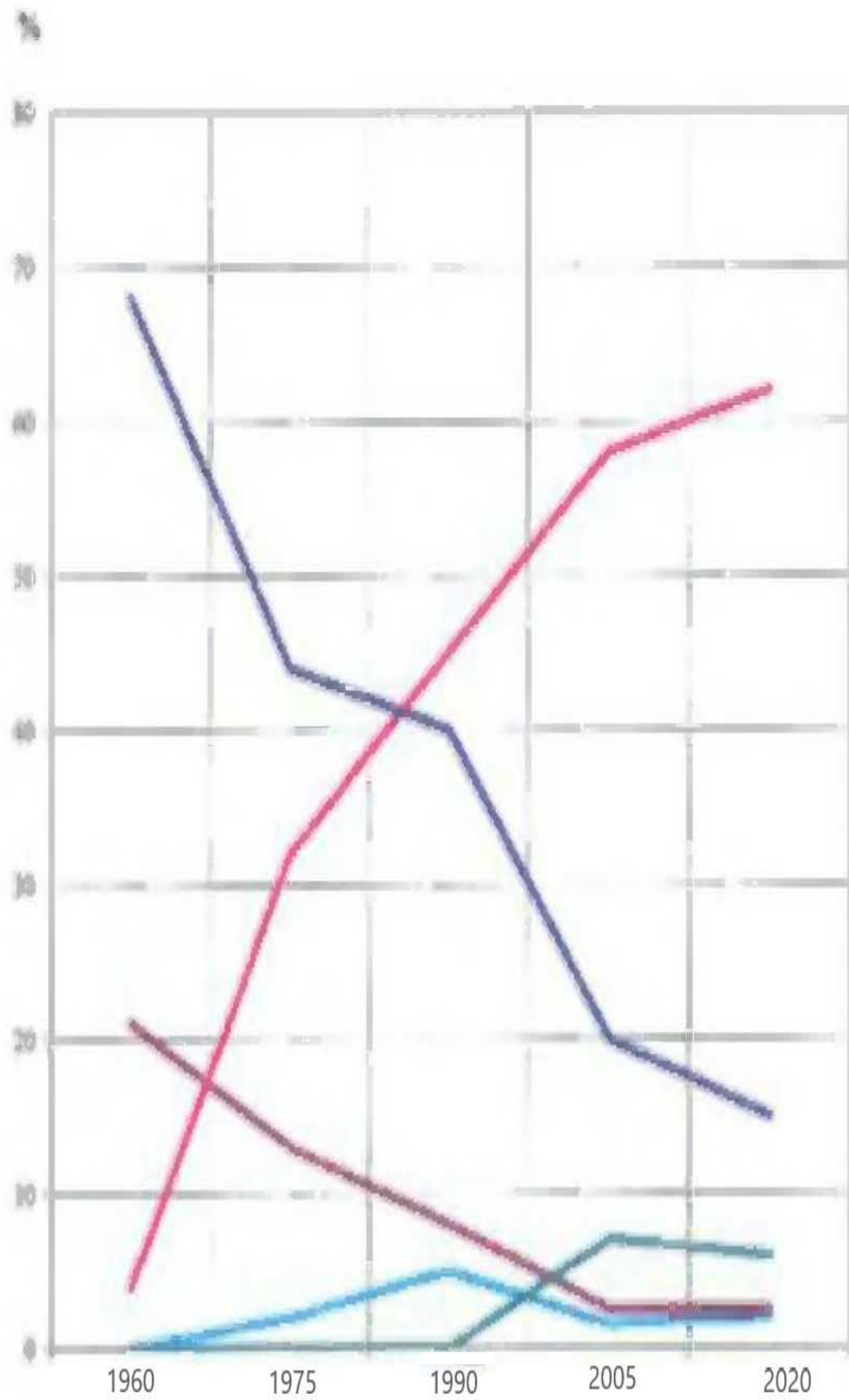


Рисунок 1.3 Структура стін промислових будівель і її зміна по роках

Теплотехнічні і прочностні властивості матеріалів, що випускаються в 70-80 роки, зумовили розміри панелей. Виходячи із здатності, що несе, і маси (об'ємна вага матеріалу  $\gamma = 1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ) товщина легкобетонних панелей з умов міцності не перевищувала 300 мм.

Коефіцієнт теплопровідності таких панелей залежно від складу бетону складає  $\lambda = 0.3-0.35 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ .

Теплотехнічні властивості панелей виявилися недостатніми для застосування на усій території країни. У регіонах з суворим кліматом стали застосовувати тришарові панелі із зовнішнім і внутрішнім залізобетонними шарами і середнім шаром з ефективного утеплювача з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0.04- 0.07 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ . Теплоізоляційні матеріали, що випускалися в той період, на основі мінеральної і скляної вати не мали достатньої міцності, щоб забезпечити спільну роботу на вигин зовнішнього і внутрішнього шарів панелі, що ускладнювало її конструкцію і, у більшості випадків, призводило до появи теплопровідних включень .

З розвитком виробництва легких конструкцій в нашій країні стали застосовувати легкі стінні конструкції з обшивками з металевого листа і ефективним утеплювачем пінопласту між ними . В якості обшивок в легких стінах на початковому етапі їх застосування використовувався оцинкований сталевий або алюмінієвий лист завтовшки 0.8-1 мм. Спочатку легкі стінні конструкції мали два основні конструктивні рішення. Одне з них передбачає поелементний монтаж обшивок і теплоізоляції безпосередньо на будівельному майданчику, так звана полистовая зборка, інше полягає у використанні готових панелей. Значний вклад в розробку методів розрахунку і прийомів конструювання стін з металевими обшивками внесли А.Ш. Дехтяр, С. Би. Ермолов, Т. Ф. Запорожець, А.Р. Ржаницин, В. П. Спиров, Ф.Ф. Тамплон, В. І. Трофімов, А.М. Чистяков, і інші.

Стіни полистової зборки для опалюваних будівель конструювали двух- і тришаровими. Двошарова конструкція виконується із зовнішнього

металевого листа і внутрішнього шару з теплоізоляційного матеріалу, що має достатню міцність. Повернена у бік опалюваного приміщення поверхня теплоізоляційного шару, як правило, фактурна, має хороші декоративні властивості і не вимагає облаштування внутрішньої металевої обшивки.

Тришарові конструкції складаються із зовнішньої і внутрішньої металевої обшивок, між якими укріплені теплоізоляційний матеріал. Перші такі легкі стінні панелі були каркасного типу. У цих конструкціях роль елементів, що несуть, виконував каркас із сталевих або дерев'яних елементів. Проте досвід експлуатації каркасних конструкцій виявив ряд серйозних недоліків і від їх застосування довелося відмовитися. У основу подальшого розвитку панельних стін були покладені конструкції типу «сендвіч». У таких конструкціях обшивки з'єднувалися між собою без каркаса за рахунок приклеювання їх до утеплювача. Стіни з металевими обшивками не використовувалися в житловому будівництві і знайшли застосування для деяких типів громадських будівель.

Після прийняття в СНиП II - 3-79\* видань 1995-1998 років нових теплотехнічних вимог до конструкцій будівель, що захищають, що застосовувалися раніше проектні рішення зажадали корінної зміни. Необхідно було не лише переробити проекти конструкцій, що захищають, але і організувати їх виробництво.

Вирішення виниклої проблеми пішло в двох напрямках.

У першому випадку пішли шляхом створення нові конструкції, норм, що відповідають сучасним вимогам. Так, наприклад, панелі «изоуолл», мають обшивки із сталевих оцинкованих і забарвлених листів завтовшки 0.55 або 0.7 мм і середній шар з мінераловатної плити з поперечно-орієнтованими волокнами. Коефіцієнт теплопровідності складає 0.05 Вт/м<sup>°С</sup>. Товщина панелей доведена до 250 мм замість тих, що випускалися до 1995 року панелей максимальної товщини в 120 мм.

Другий напрям передбачає застосування традиційних конструкцій зі збільшенням їх теплоізоляційних властивостей. Подібні рішення



застосовуються і при реконструкції існуючих будівель.

При цьому значно розширилася номенклатура теплоізоляційних матеріалів. Характеристики матеріалів, найчастіше вживаних у будівлях, що будуються на території України, приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Ефективні теплоізоляційні матеріали

Найменування матеріалу	Об'ємна маса $\gamma$ $кг/м^3$	Коефіцієнт теплопровідності $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$	Міцність на стискування/ міцність на вигин (мПа)	Горючість
Самозагасаючий пінополістирол	25-50	0.037-0.04	0.15/0.25	Г- 2 - Г- 4
Екструзія	35-45	0.03-0.037	0.2/0.45	Г-2-Г- 4
Минватная плита на синтетичній зв'язці	125-300	0.042-0.06	0.04-0.1/0	Не горить при вмісті зв'язки менше 40%
Минватная плита на бітумній зв'язці	150	0.058	0.04-0.1/0	Г- 4
Фенольнорезольний пінопласт ФРП	80-100	0.045	0.23/0.3	Г- 1
Пенополиуретан ППУ	30-80	0.037-0.04	0.2-0.4/ 0.2-0.5	Г- 3
Перлитофосфогеліевий плити	200	0.064	0.2/0.4	Не горить
Піноскло	200	0.085	0.7/0	Не горить
Полістирол бетон	250	0.07	0.8/0	Г- 1

Існують різні варіанти підвищення теплозахисних властивостей

зовнішніх стін що як знову будуються, так і будівель, що реконструюються [2].

Усі варіанти можуть бути згруповані в три групи:

- внутрішня додаткова ізоляція;
- зовнішня додаткова ізоляція;
- конструкція, де ізоляція виступає середнім шаром [2].

Утеплення стін зовні, робиться двома основними методами. Перший, так званий «мокрый», - із застосуванням штукатурних розчинів. Розрізняють, відповідно, легкі штукатурні системи, де функції, що несуть, для системи виконує плита утеплювача, а товщина шарів після утеплювача не перевищує, як правило, 25 мм, і важкі штукатурні системи, де функції, що несуть, виконує арматурна сітка і анкери, а товщина шарів після утеплювача може досягати 40 мм. Слід зазначити, що у вітчизняних нормах [65] для українського клімату така обробка фасадів будівель не рекомендується, навіть з терміном служби 25 років. Кількість переходів взимку через 0 °С в такій стіні різко збільшується в порівнянні із стіною з нормативними значеннями товщини зовнішніх шарів 120 мм з цеглини і 60- 80 мм з бетону, і руйнування її може статися набагато швидше. Сприяє цьому відсутність в СНиП 11-3-79\* розділу по довговічності зовнішніх конструкцій, що захищають. Між тим методика такої оцінки у вітчизняній літературі існує [2]. При другому способі збільшення теплозахисних властивостей конструкції використовуються навісні елементи. Наявність повітряного прошарку між облицюванням (зовнішнім екраном) і утеплювачем утворює так званий «вентильований фасад». Кожен з цих двох методів має велику різноманітність варіантів, які вимагають застосування конкретного набору матеріалів і конструктивних елементів, що утворюють в сукупності єдину багатошарову систему. Слід зазначити, що облицювання цегляних і легкобетонних стін в практиці зарубіжного будівництва почали застосовувати значно раніше, ніж в Україні і СРСР. На стіни наносилися як шари декоративної штукатурки, так і декоративні екрани із забарвлених в заводських умовах сталевих і

алюмінієвих листів [62]. Великий об'єм застосування був і у тришарових стінних конструкцій [53]. Вивчення багатого зарубіжного досвіду сприяло розробці вітчизняних рішень, що відповідають кліматичним умовам України, вимогам теплотехнічних норм і якості будівельних матеріалів, що випускаються в нашій країні.

Нині в Україні працює декілька десятків вітчизняних і зарубіжних виробників, що поставляють як фасадні системи утеплення стін із застосуванням штукатурних розчинів, так і вентильовані системи. Не вдаючись до детального розбору технічних якостей вживаних конкретних систем, відмітимо, що системи з вентильованими прошарками мають ряд серйозних переваг в порівнянні з іншими рішеннями. У таких системах теплоізоляція зберігається в стані фізичної сухості, і тим самим забезпечується низьке значення коефіцієнта теплопровідності. При правильному підборі теплоізоляційних матеріалів, що володіють достатньою паропроницаемостью для видалення у вентиляційну порожнину дифундуючої з приміщення вологи, може бути підвищена і довговічність конструкції, оскільки при конденсації вологи в товщі утеплювача може відбуватися його розморожування і передчасне руйнування.

Із вживаних систем додаткового утеплення будівель вентильовані фасади є найдорожчими.

«Мокрі» системи, хоча і дещо дешевше »вентильованих фасадів«, мають сезонний час для своєї споруди, оскільки вірогідність накопичення вологи в них вища, ніж у вентильованих стінах. Порівняно недовгий термін експлуатації, разом з відсутністю досліджень довговічності фасадних систем в лабораторних умовах, викликає сумнів в їх довговічності. [2]. Вдалих досвід експлуатації систем за кордоном не може служити достатнім обґрунтуванням для застосування їх в Україні через істотну різницю в кліматі.

Нові фасадні системи, окрім додаткової теплоізоляції, дозволяють радикально вирішити питання про естетичні якості фасадів за рахунок

застосування різноманітних матеріалів для екранів і високоякісних лакофарбних покриттів. Перераховані властивості фасадних систем зумовлюють переважну сферу їх застосування - престижні житлові і громадські будівлі, а також фасади виробничих будівель, що впливають на зовнішній вигляд міської забудови.

У масовому житловому і промисловому будівництві доцільніше застосовувати менш дорогі стінні конструкції, що відповідають теплотехнічним вимогам і умовам довговічності, наприклад з тришарових панелей.

Нормативні вимоги, що підвищилися, до теплозахисних якостей зовнішніх стін зумовили відмову від одношарових конструкцій і повсюдний перехід до багатошарових систем. У таких системах функції шарів, складових її, різні. Зовнішні шари призначені для надання конструкції необхідних прочностних властивостей, а середній - забезпечує необхідний рівень теплоізоляції. Таким чином вартість багатошарових конструкцій складається з витрат на незалежну від опору теплопередачі частину і частину, що забезпечує необхідну теплоізоляцію. Оскільки для теплоізоляції використовуються відносно дешеві матеріали, вартість тришарових конструкцій зі збільшенням їх опору теплопередачі міняється менш істотно, чим для одношарових конструкцій (рис. 1.4.). Доречно також відмітити, що тришарові конструкції створюють значний діапазон значень опору теплопередачі без істотних конструктивних змін. В цьому випадку може бути забезпечена точніша відповідність параметрів конструкції вимогам нормативних документів.

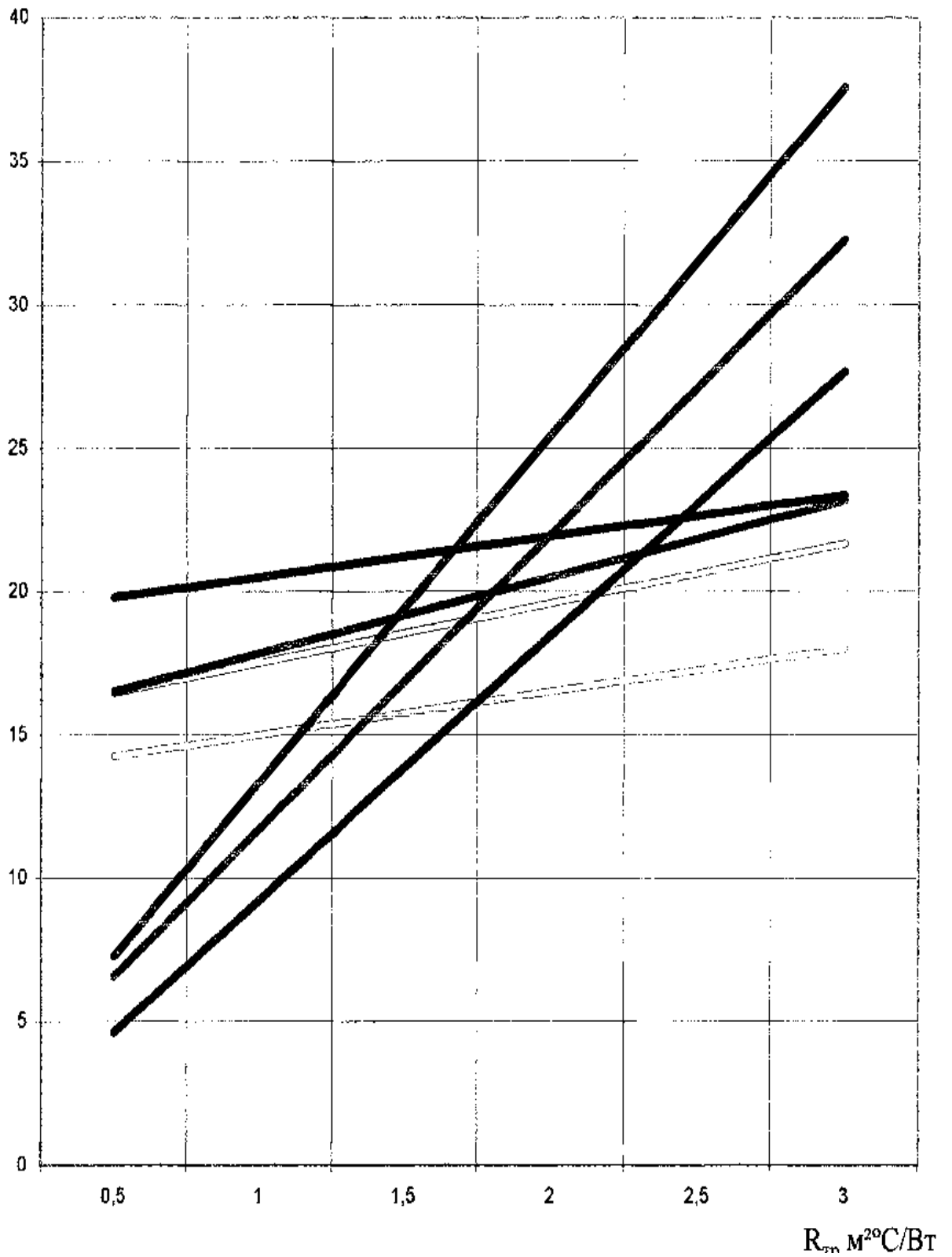


Рисунок 1.4 - Залежність вартості конструкції від опору теплопередачі



### 1.3 Програмне обґрунтування для розрахунку теплових втрат будівлі



Рисунок 1.5 Блок-схема розрахунку теплового режиму приміщення

Блок введення початкових даних.

Цей блок підрозділяється на три підблоки:

-підблок, що вводить географічні і, передусім, кліматологічні дані про район будівництва. Тут передбачається введення великого об'єму кліматологічної інформації, не передбаченої чинними нормативними документами, передусім, даних про повторюваність поєднань температур зовнішнього повітря і швидкостей вітру, а також даних по сонячній радіації. Передбачається, що такі дані вводяться для великої кількості варіантів розрахунку, в зв'язку, з чим вони постійно знаходяться в програмі, необхідність їх заміни з'являється при переході до аналізу будівництва в іншому кліматичному районі.

-підблок, введення геометричних, теплофізичних і светотехнічних характеристик будівлі, його окремих приміщень і конструкцій, що захищають. У описуваній версії програми реалізований пофасадний і поетажний введення характеристик будівлі. При розвитку алгоритму і програми можливий перехід до введення характеристик будівлі по окремих приміщеннях. В цьому випадку істотно зростає об'єм інформації, що вводитьься.

-підблок введення оперативної початкової інформації. Введення інформації в цьому підблоці реалізоване в діалоговому режимі, що дозволяє оперативно змінювати варіант розрахунку, наприклад, змінити орієнтацію будівлі, задіяти аналіз нового кліматичного чинника та ін.

Підпрограма розрахунку повітрообміну.

Реалізований алгоритм розрахунку повітрообміну будівлі і пов'язаних з ним тепловтрат згідно з інженерною методикою, використовуваною в нормах. Передбачається, що для будівель зі збалансованою вентиляцією вентиляційний витяг повністю компенсується підігрітим припливом повітря, тиск в сходовій клітині і у безпосередньо сполучених з нею коридорах постійно для усієї будівлі і рівно найбільшому надмірному тиску у верхній точці завітреної сторони будівлі.

Блок обчислення інтенсивності сонячної радіації на різномірноорієнтовані вертикальні поверхні залежно від географічної широти місця в кожному годину доби для кожного місяця року, визначення середньомісячних значень сонячної радіації, обчислення інтенсивності сонячної радіації, що пройшла через скління залежно від кута падіння сонячних променів, що змінюється протягом доби.

Блок розрахунку тепловтрат (теплонадходжень).

Блок включає три підблоки відповідно до видів теплообміну будівлі з довкіллям:

- підблок обчислень тепловтрат будівлі за рахунок теплопередачі через конструкції (стіни, вікна, покриття, нижнє перекриття), що захищають;
- підблок обчислення тепловтрат будівлі в результаті повітрообміну;
- підблок обчислення тепlopоступлений у будівлі через вікна в результаті сонячної радіації і додаткових тепlopоступлений через стіни за рахунок сонячної радіації.

Блок розрахунку опалювального навантаження і сумарної витрати тепла на опалювання будівля впродовж опалювального періоду. Це найбільш об'ємний блок програми, в об'ємності інформації, що виводиться, закладені можливості аналізу тепловтрат будівлі за різних умов і потрібного опалювального навантаження. Розраховуються наступні характеристики:

- сумарні тепловтрати будівлі для різних значень зовнішньої температури і швидкостей вітру;
  - тривалість різних значень опалювального навантаження для опалювального періоду з урахуванням спільної зміни температури зовнішнього повітря і швидкості вітру;
- тривалість різних значень опалювального навантаження для опалювального періоду з урахуванням спільної зміни температури зовнішнього повітря, швидкості вітру і сонячної радіації;
- тривалість різних значень опалювального навантаження для різних місяців року з урахуванням спільної зміни температури зовнішнього повітря,

швидкості вітру і сонячної радіації.

Усі характеристики можуть бути вичислені при різних орієнтаціях будівлі (8 орієнтацій: Пн, Пн-Сх, Сх, Пд-Сх, Пд, Пд-Зх, Зх, Пн-Зх). Таким чином, на базі отриманих даних основою оцінки проектного рішення можуть бути не лише поточні тепловтрати будівлі, але і залежність опалювального навантаження від тривалості опалювального сезону, а також величина сумарної витрати тепла на опалювання будівлі впродовж опалювального сезону або різних місяців року.

Блок виведення результатів розрахунку передбачає можливість перегляду або виведення тих або інших результатів в діалоговому режимі.

Що надається розробленим алгоритмом і програмою повнота обліку різних чинників пов'язаних як з будівлею, так і із зовнішнім кліматом робить можливим проведення аналізу різних проектних рішень (архітектурно-планувальних, конструктивних рішень конструкцій, що захищають, систем опалювання, заходів по енергозбереженню та ін.).

При цьому основою оцінки проектного рішення можуть бути не лише поточні тепловтрати будівлі, але і залежність опалювального навантаження від тривалості опалювального сезону, а також величина сумарної витрати тепла на опалювання будівлі впродовж опалювального сезону або різних місяців року. Ці залежності можуть бути отримані на основі даних про повторюваність кліматичних параметрів впродовж року.

Витрата тепла на опалювання будівлі за період часу визначається як інтеграл від опалювального навантаження, при цьому враховується залежність опалювального навантаження тільки від температури зовнішнього повітря.

#### 1.4. Висновки по розділу:

1. Дослідження теплоспоживання будівель показують, що підвищення теплозахисних властивостей зовнішніх захисних конструкцій, є далеко не

єдиним заходом, що забезпечує зниження енерговитрат. Більше того, у міру збільшення опору теплопередачі зовнішніх захисних конструкцій, їх відносна доля в енергоспоживанні істотно знижується.

2. Ще одним джерелом теплоспоживання є нагрів вентиляваного повітря. Значній економії теплової енергії для цих цілей можна добитися за рахунок зменшення фільтрації повітря через зовнішні обгороджування до нормативних значень.

3. Істотна витрата тепла йде на гаряче водопостачання. Тут зниження енерговитрат можна добитися за рахунок обліку витрати гарячої води з відповідною оплатою його споживачами.

4. При реалізації усіх енергозбережних заходів може істотно знизитися загальне теплоспоживання. В цьому випадку в загальному тепловому балансі будівель зросте питома вага тепловитрат через захисні конструкції.

5. Для реалізації кожного з перерахованих енергозбережних заходів потрібно певні капіталовкладення, розміри яких у ряді випадків визначаються регіональними (місцевими) умовами.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ПРИМІЩЕННЯ В РІЧНОМУ ЦИКЛІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Сучасні підходи до проблеми економії енергоресурсів вимагають коректного визначення тепловтрат в річному циклі експлуатації будівлі. Це завдання може бути вирішене шляхом створення математичних моделей, в яких адекватно відбиті зовнішні теплові дії на будівлю, змінна температура зовнішнього повітря, сонячна радіація, швидкість вітру, внутрішні джерела теплоти з урахуванням особливостей інженерних систем опалювання, режим провітрювання приміщень, теплофізичні властивості матеріалів зовнішніх огорожувальних конструкцій, розміри приміщень, розташування приміщення у будівлі (нижній поверх, проміжний або верхній), а також теплоакумулюючі властивості внутрішніх обгороджувальних, устаткування, меблів і так далі

Нині широке застосування у будівництві знаходять багатошарові огорожувальні конструкції, які характеризуються істотною неоднорідністю по щільності теплового потоку із-за наявності теплопровідних включень, ребер жорсткості і стиків. Теплова поведінка таких конструкцій визначається об'ємним нестационарним температурним полем, і їх розрахункові теплофізичні характеристики можуть бути визначені тільки із застосуванням ЕОМ. Тому, сучасний підхід до визначення параметрів теплового режиму приміщень будівлі з багатошаровими конструкціями індустріального виготовлення можливий лише при використанні сучасних математичних моделей, що враховують особливості теплової поведінки конструкцій, у тому числі багатошарових і світлопрозорих, роздільний облік променистих і конвективних теплових потоків, розподіл яких в літніх і зимових умовах по-різному, а також характер зовнішніх і внутрішніх дій.

Точне аналітичне рішення такої складної математичної задачі, що включає систему диференціальних рівнянь різного виду, практично

неможливо. Тому найбільш перспективним шляхом рішення задачі розрахунку теплового режиму будівлі є застосування кінечно-різницевих методів.

Під математичною моделлю теплового режиму приміщення будівлі розуміється математичний опис процесу формування теплового режиму приміщення, алгоритми і програма для ЕОМ, за допомогою яких в ході обчислень відтворюється цей процес. Математичне моделювання дозволяє відтворити цілорічний цикл формування мікроклімату приміщення будівлі і передбачити тепловтрати, як через окремі конструкції, що захищають, так і для приміщення і будівлі в цілому, а також оптимізувати конструкції обгороджувань і планувальні рішення по мінімуму тепловтрат.

Хоча нині існує ряд вітчизняних моделей для розрахунку теплового режиму приміщень [9], проте, вони мають ряд обмежень, які по суті унеможливають їх використання для математичного моделювання в цілорічному циклі з метою оптимізації теплозахисту будівель. У їх числі, передусім, недостатня "швидкодія" алгоритму і недостатня універсальність. Тому існує необхідність в створенні універсальних моделей розрахунку теплового режиму будівлі, досить швидкодіючих, щоб бути придатними для моделювання теплового режиму в цілорічному циклі.

## 2.1 Тепловий режим приміщення

Загальна розрахункова схема теплового режиму приміщення показана на рис. 2.1. Повна фізико-математична постановка завдання про теплообмін в приміщенні призводить до складної системи рівнянь. Її основою є рівняння балансу тепла внутрішнього повітря, яке можна записати в виді:

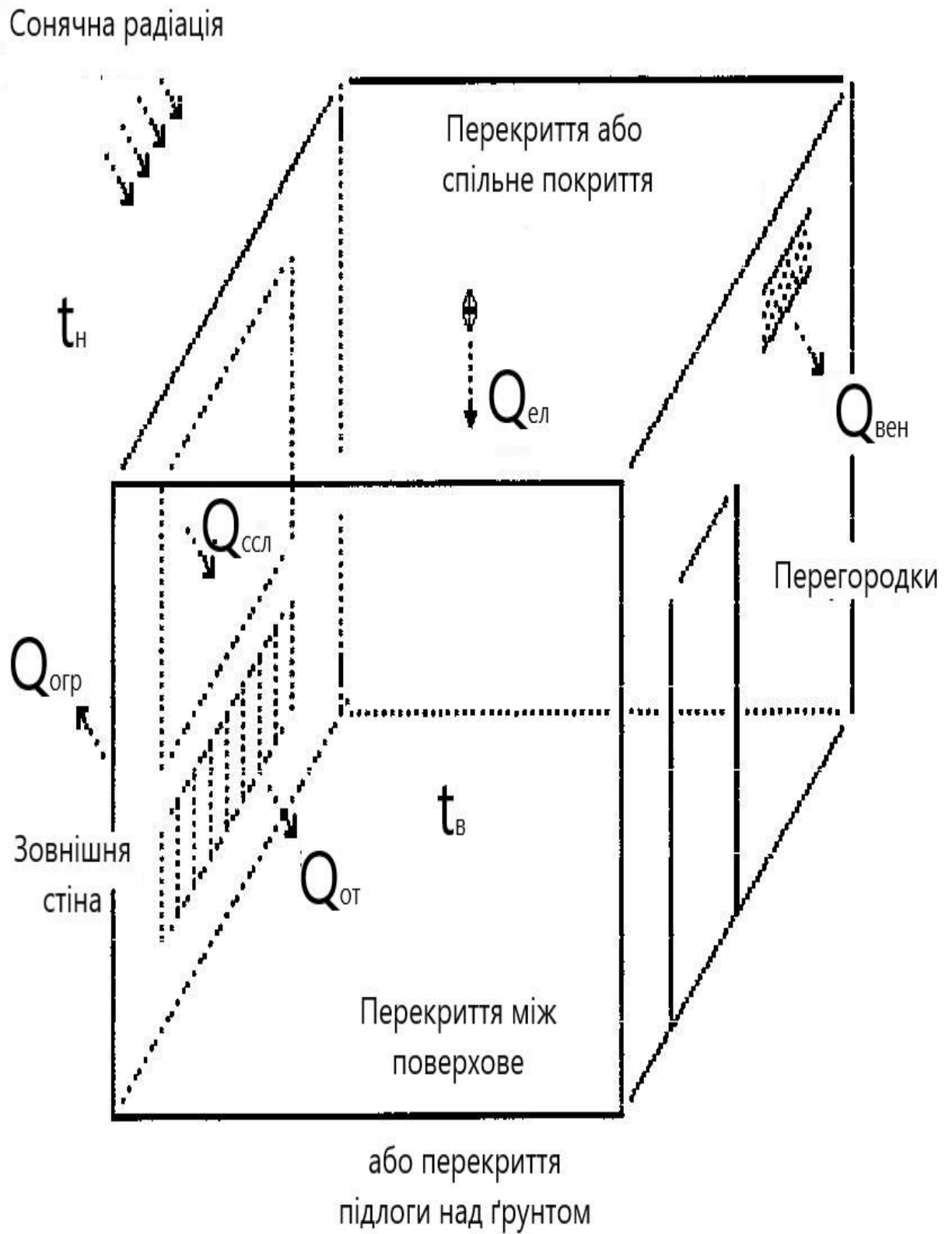


Рисунок 2.1 - Загальна розрахункова схема теплового режиму приміщення



$$Q_{\text{пов}} = c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} \frac{dt_{\text{в}}}{dz} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вен}} + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{от}} + Q_{\text{ел}}$$

Де :

$z$  - час, з

$t_e$  - температура повітря усередині приміщення, °С;

$c_{\text{в}}$  - питома теплоємність повітря, Дж/(кг (°С));

$\rho_{\text{в}}$  - щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>

$Q_{\text{огр}}$  - кількості тепла, що пройшло через конструкції, що захищали, і конвективним шляхом переданого повітря приміщення, Вт/м<sup>3</sup>;

$Q_{\text{вен}}$  - тепловтрати або теплопоступлення з вентиляційним повітрям або повітрям з системи повітряного опалювання, Вт/м<sup>3</sup>;

$Q_{\text{ф}}$  - тепловтрати або теплопоступлення в результаті фільтрації зовнішнього повітря через конструкції, що захищають, Вт/м<sup>3</sup>;

$Q_{\text{от}}$  - теплонадходження від системи водяного опалювання, Вт/м<sup>3</sup>;

$Q_{\text{ел}}$  - теплонадходження від електричних приладів, Вт/м<sup>3</sup>.

Використовуючи теоретичні положення будівельної теплотехніки перелічені вище значення  $Q$  можна визначити таким чином. З урахуванням повітряного балансу приміщення загальні тепловтрати в результаті повітрообміну приміщення  $Q_{\text{вен}} + Q_{\text{ф}}$  можуть бути представлені у виді:

$$Q_{\text{вен}} + Q_{\text{ф}} = c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} G_{\text{вен}} (t_{\text{нр}} - t_{\text{в}}) + c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} G_{\text{ф}} (t_{\text{н}} - t_{\text{в}})$$

де

$t_{\text{н}}$  - температура зовнішнього повітря, °С;

$t_{\text{нр}}$  - температура припливного повітря, за відсутності повітря опалювання і примусової вентиляції  $t_{\text{нр}} = t_{\text{в}}$ ;

$G_{\text{вен}}$  - витрата вентиляційного повітря, м<sup>3</sup>/с;

$G_{\text{ф}}$  - витрата повітря, що фільтрується через конструкції, що захищають, м<sup>3</sup>/с.

Кількість тепла, що пройшло через захисні конструкції, що захищали визначається через температуру внутрішньої поверхні відповідної захисної

конструкції  $t_{ei}$  °C і температуру внутрішнього повітря при відомій величині конвективного теплообміну на поверхні  $a_{ек}$  Вт/(м<sup>2</sup>°C)

$$Q_{огр} = \sum_i F_i a_{ек} (t_n - t_{ei})$$

де

$F_i$  - площа внутрішньої поверхні відповідної захисної конструкції, м<sup>2</sup>.

Підсумовування проводиться по різних конструкціях в приміщенні, що захищають, і їх ділянках.

Теплопоступлення від приладів водяного опалювання визначаються аналогічним вираженням

$$Q_{ом} = \sum_i F_{omi} a_{ом} (t_{ом} - t_e)$$

де

$t_{ом}$  - температура поверхні опалювального приладу, °C;

$F_{omi}$  - площа поверхні і -того опалювального приладу, м<sup>2</sup>;

$a_{ом}$  - коефіцієнт конвективної тепловіддачі опалювального приладу Вт/(м<sup>2</sup>°C);.

Допускаючи, що температурне поле в обгороджуванні одновимірно і теплофізичні характеристики матеріалів шарів обгороджування не залежать від температури і є постійними в межах шару, температур! внутрішніх поверхонь непрозорих конструкцій стін, що захищають, перегородок і перекриттів визначаються на основі рішення рівняння теплопровідності для багат шарової плоскої стінки.

Тоді рівняння теплопровідності конструкції, що захищає, набирає вигляду :

$$C(y) \rho(y) \frac{\partial t}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial y} \left[ \lambda(y) \frac{\partial t}{\partial y} \right] \quad 0 < y < \delta$$

Граничними умовами для рівняння є рівняння балансу тепла на внутрішній і зовнішній поверхнях обгороджування.

Тепловий баланс внутрішньої поверхні обгороджування ( $y = \delta$ ) складається з конвективного теплового потоку між цією поверхнею і

повітрям приміщення, променистого теплового потоку між внутрішньою поверхнею обгороджування і іншими конструкціями, що захищають, теплового потоку від сонячної радіації ( $q_{сол}$ , приміщення, що поступає через світлопрозорі конструкції, а також теплового потоку, який підводиться до внутрішньої поверхні шляхом теплопровідності з самої конструкції:

$$y = \delta \alpha_{вк} (t_{в} - t_{ei}) + Q_{ли} + q_{сол} = \lambda_n \frac{\partial t}{\partial y}$$

де

$Q_{ли}$  - променистий тепловий потік на внутрішній поверхні і -той конструкції, що захищає, Вт/м<sup>2</sup>;

$q_{сол}$  - тепловий потік від сонячної радіації на внутрішній поверхні, що поступає в приміщення через світлові отвори, Вт/м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт конвективного теплообміну на внутрішню поверхню покладається залежним від розташування конструкції, що захищає, і її температури :

$$\alpha_{вк} = \alpha I \tau_{e} - t_{e} I^{0.33}$$

де

$\alpha = 1.66$  для стін;

$\alpha = 1.66$  при  $\tau_{e} - t_{e} \geq 0$  і  $\alpha = 2.26$  при  $\tau_{e} - t_{e} \leq 0$  для стелі;

$\alpha = 2.26$  при  $\tau_{e} - t_{e} \geq 0$  і  $\alpha = 1.66$  при  $\tau_{e} - t_{e} \leq 0$  для підлоги.

Гранична умова на внутрішній поверхні обгороджування, що екранується опалювальним приладом може бути записано у виді:

$$y = \delta K_{кв} (t_{om} - \tau_{e}) + C_0 \varepsilon_{np} (t_{om} - \tau_{e}) = -\lambda \frac{\partial t}{\partial y}$$

де

$K_{кв}$  - коефіцієнт конвективного теплообміну між внутрішньою поверхнею стіни і опалювальним приладом, який визначається по формулі для розрахунку теплообміну між двома паралельними вертикальними

пластинами з різною температурою в умовах вільної конвекції при турбулентному режимі течії

$$K_{кв} = 0.065 \lambda_g / L * Gr^{0.33} (L/d)^{-0.11}$$

де

$L$  - висота опалювального приладу, м;

$d$  - відстань між опалювальним приладом і стіною, м;

$\lambda_g$  - коефіцієнт теплопровідності повітря, Вт/м °С;

$Gr$  - критерій Грасгофа, визначуваний вираженням;

$$Gr = g\beta(t_{om} - \tau_B)L^3/\nu^2$$

де

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$\beta = 273 + 0.5(t_{om} - \tau_B)$  - коефіцієнт об'ємного розширення повітря, 1/°С;

$\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м<sup>2</sup>/с.

Тепловий баланс зовнішньої поверхні обгороджування ( $y = 0$ ) складається з тепlopоступлений сонячної радіації, конвективно-променистого теплового потоку між поверхнею, зовнішнім повітрям і оточенням будівлі, а також кількості тепла, яке підходить до поверхні теплопровідністю зсередини обгороджування

$$y = 0 \quad -p_{л}I(z) + \alpha_{н}(\tau_{н} - t_{н}) = \lambda \frac{\partial t}{\partial y}$$

де

$p_{л}$  - коефіцієнт поглинання сонячної радіації зовнішньою поверхнею обгороджування;

$I(z)$  - інтенсивність потоку сонячної радіації, що падає на поверхню обгороджування, залежна від широти місцевості, орієнтації обгороджування і години доби, Вт/м<sup>2</sup>;

$\alpha_n$  - коефіцієнт теплообміну між зовнішньою поверхнею обгороджування і зовнішнім повітрям, Вт/(м<sup>2</sup>°С);

$t_n$  - температура зовнішньої поверхні обгороджування, °С.

Якщо ввести позначення  $t_n^* = t_n + I(z) \rho_l / \alpha_l$  тоді

$$y=0 \quad \alpha_n (\tau_n - t_n^*) = \lambda \frac{\partial t}{\partial y}$$

Для внутрішніх конструкцій приміщення перегородок і перекриттів "зовнішньою" поверхнею, що захищають,  $y = 0$  являється поверхня, звернена до суміжного приміщення.

$$y = 0 \quad \alpha_{\text{ВК}}^{\text{см}} (t_e - t_{ei}) + Q_{\text{лі}}^{\text{см}} + q_{\text{сол}}^{\text{см}} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial y}$$

де індекс "см" відноситься до параметрів суміжного приміщення.

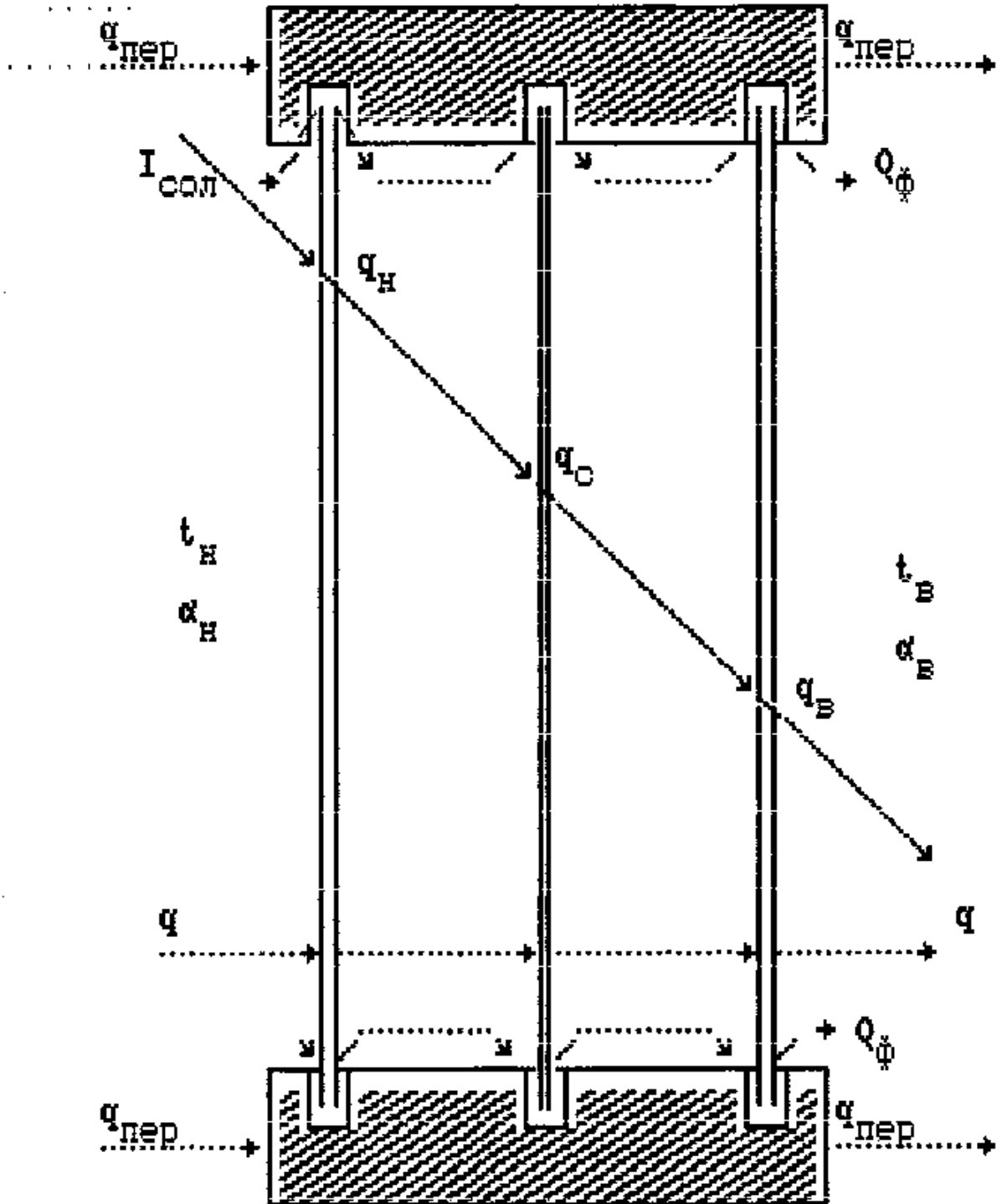
## 2.2 Передача тепла через вікна

Необхідні розрахункові співвідношення для визначення температури внутрішньої поверхні світлопрозорих конструкцій вікон, отримаємо, виходячи із стаціонарних рівнянь передачі тепла, оскільки теплова інерція цих конструкцій мала. Надалі ця температура використовується в рівнянні теплового балансу внутрішнього повітря приміщення і при визначенні променистого теплового потоку на внутрішніх поверхнях конструкцій, що захищають. Розглядається найбільш загальний варіант теплопередачі через вікно - варіант тришарового скління. Варіанти одношарового і двошарового скління виходять як окремі випадки цього основного варіанту, якщо вважати рівними нулю відповідна товщина повітряних прошарків і термічні опори.

Розрахункова схема теплопередачі через вікно показана на рис.2.2.

Система рівнянь, що описує проходження потоку тепла через скління, обумовленого різницею температур зовнішнього і внутрішнього повітря, а також сонячною радіацією, може бути представлена у виді

Зовнішній шар скління    Середній шар скління    Внутрішній шар скління



$\tau_n, \rho_n, \rho_n$      $\tau_c, \rho_c, \rho_c$      $\tau_v, \rho_v, \rho_v$

Рисунок 2.2 - Розрахункова схема теплопередачі через вікно

$$\begin{cases} q = \alpha_H(t_H - t_{H.OC}) \\ q + q_H = (\alpha_{K1} - \alpha_{Л1})(t_{H.OC} - t_H) \\ q + q_H + q_C = (\alpha_{K2} + \alpha_{Л2})(t_C - t_{B.OC}) \\ q + q_H + q_C + q_B = \alpha_B(t_{B.OC} - t_B) \end{cases}$$

де:

$q$  - щільність теплового потоку через зовнішнє скління за рахунок теплопередачі, Вт/м<sup>2</sup>;

$t_H$  і  $t_B$  - температури зовнішнього і внутрішнього повітря, °С;

$t_{H.OC}$  і  $t_{B.OC}$  - температури зовнішнього і внутрішнього шарів скління, °С;

$t_C$  - температура середнього шару скління, °С;

$\alpha_H$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні скління, Вт/(м<sup>2</sup>°С);

$\alpha_{K1}$ ,  $\alpha_{Л1}$ ,  $\alpha_{K2}$ ,  $\alpha_{Л2}$  - конвективний і променистий коефіцієнти теплопередачі відповідно через зовнішню і внутрішню повітряні прошарки, Вт/(м<sup>2</sup>°С);

$\alpha_B$  - коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні скління, Вт/(м<sup>2</sup>°С);

$q_H, q_C, q_B$  - тепловиділення від поглиненої сонячної радіації відповідно до зовнішнім шаром скління, середнім шаром скління і внутрішнім шаром скління, Вт/м<sup>2</sup>.

Конвективний коефіцієнт теплопередачі повітряного прошарку визначуваний по критерійній залежності

$$Nu = 0.18(Gr * Pr)^{0.25}$$

Після підстановки фізичних констант, що входять в критерії подібності Нуссельта  $Nu$ , Грасгофа  $Gr$ , отримуємо вираження для визначення коефіцієнта теплопередачі

$$\alpha_K = 0.18 \frac{\lambda}{\delta} \left( \frac{9.81 \delta^3 \Delta t Pr}{(t_{cp} + 273) v^2} \right)^{0.25}$$

де:

$\delta$  - товщина повітряного прошарку, м;

$t_{cp}$  - середня температура поверхонь, що обмежують повітря прошарок, °С;  
 $\Delta t$  - різниця температур поверхонь, що обмежують повітря прошарок, °С;  
 $\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності повітря, Вт/(м°С), залежний від температури повітря в прошарку, для даного інтервалу температур може бути вчислений по формулі:

$$\lambda = 0.02624 + 0.0000794(27 - t_{cp})$$

$\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м<sup>2</sup>/с, залежно від температури повітря може бути вчислений по формулі:

$$\nu = (1.568 - 0.0124(27 - t_{cp})) \cdot 10^{-5}$$

$Pr$  - критерій Прандтля, який може бути вчислений по наступній формулі апроксимації :

$$Pr = 0.708 + 0.00028(27 - t_{cp})$$

Променистий коефіцієнт теплопередачі через повітряний прошарок визначимо по формулі

$$\alpha_l = \varepsilon_{np} C_0 b \text{ де:}$$

$C_0 = 5.67 \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$  - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла;

$b$ - поправочний множник, залежний від середньої температури і визначуваний по формулі  $b = 0.814(1 + 0.011t_{cp})$ ;

$\varepsilon_{np}$  - приведена міра чорноти поверхонь, що обмежують повітряний прошарок, визначувана по формулі:

$$\varepsilon_{np} = (1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1)^{-1}$$

де  $\varepsilon_1$  і  $\varepsilon_2$  - міри чорноти поверхонь, що обмежують повітряний прошарок.

Вирішуючи систему виключаючи  $q$ ,  $t_c$  і  $t_{HOC}$ , отримуємо



співвідношення для визначення температури внутрішньої поверхні скління:

$$t_{B.OC} = \left(1 - \frac{1}{\alpha_B R}\right) \left(t_B + \frac{1}{\alpha_B} [q_H + q_C + q_B - Q_L]\right) + \frac{1}{\alpha_B R} \left(t_H - \frac{1}{\alpha_{K1} + \alpha_{Л1}} q_H - \frac{1}{\alpha_{K2} + \alpha_{Л2}} [q_C + q_B]\right)$$

де:

$$R = \frac{1}{\alpha_H} + \frac{1}{\alpha_{K1} + \alpha_{Л1}} + \frac{1}{\alpha_{K2} + \alpha_{Л2}} + \frac{1}{\alpha_B}$$

Знаючи  $t_{B.OC}$ , можемо визначити тепловтрати через вікна

$$Q_{ok} = \alpha_e (t_e - t_{e.oc})$$

Щільність потоку сонячної радіації, що поступає на внутрішні поверхні конструкцій, що захищають, через вікна  $I_{СОЛ}$  визначається наступною залежністю :

$$I_{СОЛ} = \frac{\sum_{i=1}^l (I_{П} K_{ВНС} + I_{Р} K_{ОБЛ}) \beta_{СЗ} K_{ЗАП} F_{ОП}}{F}$$

де:

$I_{П}$  і  $I_{Р}$  - щільність теплового потоку відповідно до прямої і розсіяної сонячній радіації на зовнішній поверхні вікна, Вт/м<sup>2</sup>;

$\beta_{СЗ}$  - коефіцієнт теплопропускання сонцезахисного пристрою;

$K_{ЗАП}$  - коефіцієнт пропускання сонячної радіації заповненням світлового отвору;

$F_{0i}$  - площа скління  $i$ -того вікна,  $m^2$ ;

$F$  - сумарна площа внутрішніх поверхонь непрозорих захисних конструкцій,  $m^2$ ;

$l$  - число світлових отворів в приміщенні

$K_{инс}$  і  $K_{обл}$  - коефіцієнти відповідно до інсоляції і опроміненості визначувані по формулах:

$$K_{инс} = \left[ 1 - \frac{1}{H} \left( \frac{L_r \operatorname{tg} h}{\cos A_{co}} - a \right) \right] \left[ 1 - \frac{1}{B} (L_B |\operatorname{tg} A_{co}| - S) \right]$$

$$K_{обл} = 0,5 \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{L_r}{H + a} \right)^2} - \frac{L_r}{H + a} + 1 \right] \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{L_B}{B + 2S} \right)^2} - \frac{L_B}{B + 2S} \right]$$

де

$h$  - висота сонця;

$A_0$  - азимут скління світлового отвору;

$A_c$  - азимут сонця;

$A_{co} = |A_c - A_0|$  - азимут скління відносно сонця;

$L_r, L_B, a, S, H, B$  - геометричні параметри вікна і сонцезащити.

### 2.3 Теплообмін в приміщенні з урахуванням багатократних відображень променистих потоків

Кожна поверхня в приміщенні віддає тепло випромінюванням і поглинає променисте тепло, що приходить від навколишніх поверхонь. Математична модель променистого теплообміну передбачає розбиття конструкцій, що захищають, на прямокутні ділянки, що відрізняються променистими характеристиками або іншими теплофізичними характеристиками і, отже, рівнем температури. Променистий теплообмін між цими ділянками розраховується з урахуванням багатократності відображення. Основні допущення, що приймаються :

- приміщення має форму паралелепіпеда;
- променисті характеристики поверхонь конструкцій, що захищають, не залежать від температури;
- температура уздовж поверхонь вибраних ділянок конструкцій, що захищають, постійна - изотермічність поверхонь. Математична модель променистого теплообміну в приміщенні будується на основі введення поняття "Потік ефективного випромінювання поверхні" [62, 64].

Потік ефективного випромінювання поверхні  $E_{ef}$  складається з потоку власного випромінювання поверхні  $E_{соб}$  і потоку відбитого випромінювання  $E_{отр}$ :

$$E_{ef} = E_{отр} + E_{соб}$$

За законом Стефана-Больцмана потік власного випромінювання визначається як

$$E_{соб} = \varepsilon C_0 (T/100)^4$$

де

$\varepsilon$  - степе́нь чорноти поверхні

$T$  - абсолютна температура поверхні, К.

Відбитий потік визначається через потік випромінювання, що падає

$$E_{отр} = (1 - \varepsilon) E_{над}$$

Для замкнутої системи поверхонь, який являється система випромінюючих поверхонь в приміщенні, променистий потік, що падає, може бути представлений як

$$E_{над,0} = \frac{1}{F_0} \sum_{j=1}^N F_j \varphi_{j0} E_{эфj} = \frac{1}{F_0} \sum_{j=1}^N F_0 \varphi_{0j} E_{эфj} = \sum_{j=1}^N \varphi_{0j} E_{эфj}$$

де

$F_0$  - площа даної поверхні, м<sup>2</sup>;

$E_{na\delta 0}$  - променистий потік, що падає, на даній поверхні, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_j$  - площа  $j$ -тої поверхні в приміщенні, м<sup>2</sup>;

$E_{\text{эф}j}$  - потік ефективного випромінювання  $j$ -тої поверхні в приміщенні, Вт/м<sup>2</sup>;

$\varphi_{j0}$  і  $\varphi_{0j}$  - коефіцієнти опроміненості відповідно з  $j$ -тої поверхні на ту, що розглядається і навпаки;

$N$  - загальне число поверхонь в приміщенні.

Отримуємо наступне співвідношення для визначення ефективних потоків випромінювання

$$E_{\text{эф}} = E_{\text{отр}} + E_{\text{соб}} = \varepsilon C_0 \left( \frac{T}{100} \right)^4 + (1 - \varepsilon) \sum_{j=1}^N \varphi_{0j} E_{\text{эф}j}$$

Записуючи співвідношення для кожної з поверхонь приміщення, отримуємо наступну систему рівнянь для розрахунку потоків ефективного випромінювання

$$\begin{cases} E_{\text{эф}1} - (1 - \varepsilon_1) \varphi_{12} E_{\text{эф}2} - \dots - (1 - \varepsilon_1) \varphi_{1N} E_{\text{эф}N} = \varepsilon_1 C_0 \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 \\ - (1 - \varepsilon_2) \varphi_{21} E_{\text{эф}1} + E_{\text{эф}2} - \dots - (1 - \varepsilon_2) \varphi_{2N} E_{\text{эф}N} = \varepsilon_2 C_0 \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \\ \dots \\ - (1 - \varepsilon_N) \varphi_{N1} E_{\text{эф}1} - (1 - \varepsilon_N) \varphi_{N2} E_{\text{эф}2} - \dots + E_{\text{эф}N} = \varepsilon_N C_0 \left( \frac{T_N}{100} \right)^4 \end{cases}$$

Систему найзручніше вирішувати методом послідовних наближень. В якості 1-го наближення можна прийняти

$$E_{\text{эф}i} = \varepsilon_i C_0 \left( \frac{T_i}{100} \right)^4 \quad i = 1, 2, \dots, N$$

Послідовні ітерації робимо по формулі

$$E_{\text{эф}i} = \varepsilon_i C_0 \left( \frac{T_i}{100} \right)^4 + (1 - \varepsilon_i) \sum_{j=1}^N \varphi_{0j} E_{\text{эф}j} \quad i = 1, 2, \dots, N$$

Після досягнення необхідної точності переходимо до визначення променистих теплових потоків, що віддаються кожною поверхнею

$$Q_{li} = F_i(E_{\text{эфі}} - E_{\text{наді}}) = F_i\left(E_{\text{эфі}} - \sum_{j=1}^N \Phi_{ij} E_{\text{эфі}}\right)$$

де  $i = 1, 2, \dots, N$

Для визначення коефіцієнтів опроміненості поверхонь в приміщенні використовується метод, приведений в [9]. Від загальновідомих методів розрахунку цей метод відрізняється надзвичайною зручністю при реалізації на обчислювальній техніці. Внаслідок того, що приміщення має форму паралелепіпеда досить мати розрахункові формули тільки для двох варіантів розташування поверхонь (див. рис. 2.3), що взаємно-опромінюються.

Коефіцієнти двох поверхонь, що взаємно-опромінюються, 1 і 2 розраховуються по наступних формулах

$$\Phi_{12} = H_{12}/F_1 \quad \Phi_{21} = H_{21}/F_2$$

де

$\Phi_{12}$  і  $\Phi_{21}$  - коефіцієнти опроміненості відповідно з 1-ої поверхні на 2-у і навпаки;  $F_1$  і  $F_2$  - площі відповідно до 1-ої і 2-ої поверхонь, м<sup>2</sup>.

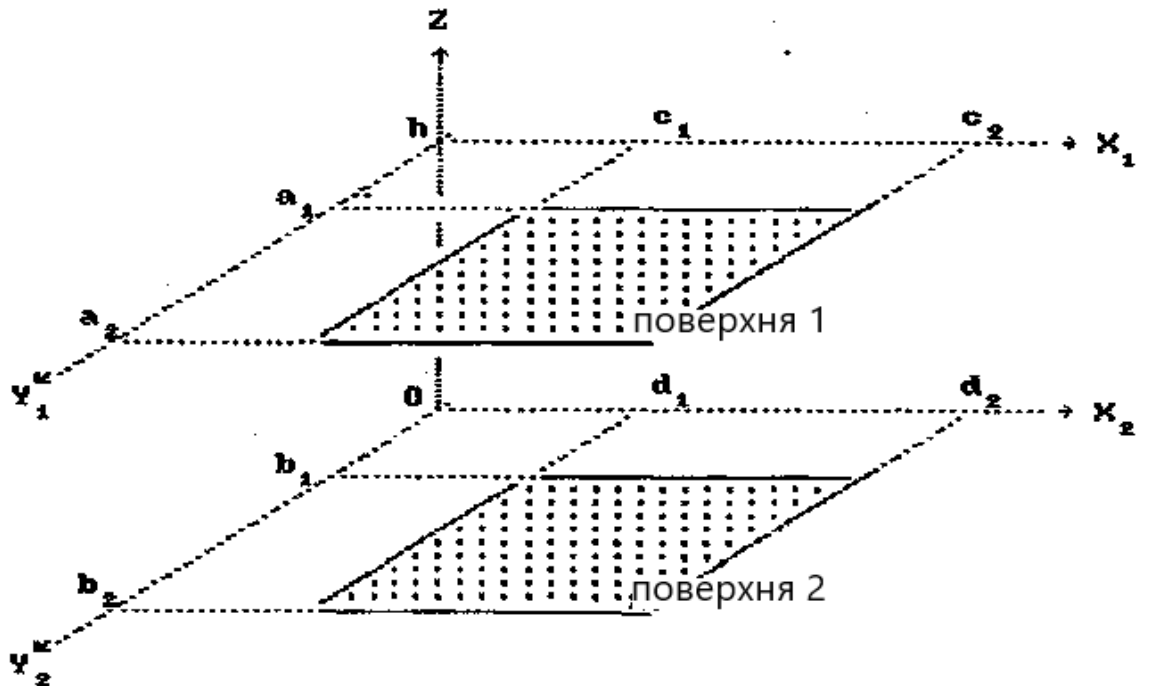
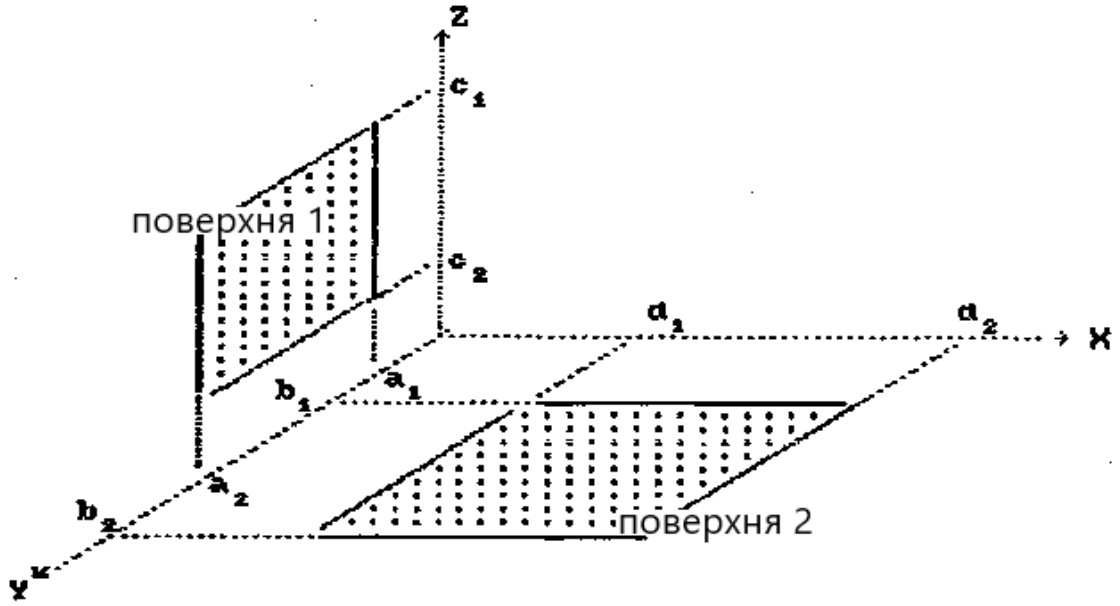


Рисунок 2.3 - Варіанти розташування поверхонь, що взаємно-опромінуються

Величини  $H_{12}$  і  $H_{21}$  обчислюються по наступних формулах:

- поверхні, що опромінюються, розташовані у взаємно перпендикулярних площинах :

$$H_{12} = H_{21} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 (-1)^{i+j+k+l} \left\{ \frac{1}{8\pi} [(b_k - a_l)^2 - d_i^2 - c_j^2] \ln[(b_k - a_l)^2 - d_i^2 - c_j^2] + \frac{1}{2\pi} \left( (b_k - a_l) \sqrt{d_i^2 + c_j^2} \right) \operatorname{arctg} \frac{b_k - a_l}{\sqrt{d_i^2 + c_j^2}} \right\}$$

- поверхні, що опромінюються, розташовані у взаємно паралельних площинах:

$$H_{12} = H_{21} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 \left\{ \frac{h^2}{2\pi} (-1)^{i+j+k+l} \left[ \left( (D_k - C_l) \sqrt{(A_j - B_i)^2 + 1} \right) \operatorname{arctg} \frac{D_k - C_l}{\sqrt{(A_j - B_i)^2 + 1}} + \left( (A_j - B_i) \sqrt{(D_k - C_l)^2 + 1} \right) \operatorname{arctg} \frac{A_j - B_i}{\sqrt{(D_k - C_l)^2 + 1}} \right] - \frac{1}{2} \ln[(D_k - C_l)^2 + (A_j - B_i)^2 + 1] \right\}$$

де позначено :

$$C_1 = \frac{c_1}{h}; \quad C_2 = \frac{c_2}{h}; \quad D_1 = \frac{d_1}{h}; \quad D_2 = \frac{d_2}{h};$$

$$A_1 = \frac{a_1}{h}; \quad A_2 = \frac{a_2}{h}; \quad B_1 = \frac{b_1}{h}; \quad B_2 = \frac{b_2}{h}$$

## 2.4 Моделювання змін кліматичних параметрів

При розрахунках на ЕОМ теплового режиму приміщення будівлі в річному або сезонному циклі експлуатації важливе значення має методика коректного представлення кліматологічної інформації - створення свого роду

моделі клімату - моделі, що відбиває зміни зовнішніх теплових дій на будівлю.

Для чисельного моделювання кліматичних параметрів запропоновані три різні моделі імовірнісна модель, вероятностно-детермінована модель і модель "типовий рік". В даному випадку зручнішими є дві останні моделі.

Імовірнісно-детермінована модель дозволяє з одного боку врахувати випадковий характер формування кліматологічних параметрів, а з іншої - надає можливість аналітичного опису зміни в часі параметрів клімату, тобто можливість найбільш зручного введення цих параметрів в розрахунок.

Характер зміни кліматичних параметрів в часі

$$y = y_0 + \sum_{k=1}^N a_k \cos\left(k \frac{2}{T} z\right) + \sum_{k=1}^{N-1} b_k \sin\left(k \frac{2}{T} z\right)$$

де

$z$  - час в добі або годиннику від початку розрахункового інтервалу;

$T$  - період зміни в добі або годиннику;

$y_0$  - середнє значення параметра за інтервал;

$a_k$  і  $b_k$  - амплітуди  $k$ -тої гармоніки ряду.

Значення  $y_0$ ,  $a_k$  і  $b_k$  визначаються на основі статистичної обробки кліматичних даних і враховують таким чином можливі випадкові зміни параметрів. Число членів ряду залежить як від кліматичного параметра і необхідної точності опису його поведінки, так і від періоду, на якому розглядається його зміна. Наприклад, для опису зміни температури при погрішності 5-10 % виявляється достатнім одного члена, опис сонячної радіації вимагає вже двох членів.

Модель клімату "типовий рік" - є набір почасових значень параметрів клімату, узятих з первинних таблиць метеорологічних спостережень. Цілорічна модель складається з фактичних значень кліматичних параметрів



за окремі місяці. Причому критерієм для вибору певного місяця в якості "модельного" служить збіг його середньомісячних характеристик з тими, що відповідають їм середньомісячними даними.

Підбір "типового року" робиться тільки по одному визначальному параметру в даному випадку температурі зовнішнього повітря - інші параметри приймаються по тому року, який вибраний для основного параметра. В цьому випадку зберігається природна кореляція між окремими чинниками клімату.

Відповідно до обох моделей клімату, алгоритмі передбачається можливість введення кліматичних даних (температури і інтенсивності сонячної радіації) або у вигляді аналітично заданої функції, або в табличній формі у вигляді масиву чисел.

Для опису почасових змін сонячної радіації передбачається можливість їх обчислення за методикою . Спочатку розраховуються азимут сонця  $A_c$  і висота сонця  $h$

$$\sinh = \sin\Gamma A + \cos\Gamma \cos A \cos t$$

$$\sin A = \cos \Gamma \frac{\sin t}{\cosh}$$

де

$A$  - географічна широта

$t$  - годинний кут ( $15^\circ$  для кожної години пополудні, уранішні години з знайомий мінус)

$\Gamma$  - відміна ( $0-23,5^\circ$ )

$$\Gamma = \frac{23.45}{\sin[0.986(284+n)]}$$

де  $n$  - порядковий номер дня в році, вважаючи від 1-го січня.

Залежно від азимута і висоти сонця розраховується інтенсивність сонячної радіації на горизонтальні  $S$ , і вертикальні  $S_v$  поверхні.

$$S_r = S \sinh$$

$$S_B = S \cosh \cos A_{co}$$

где  $S = \frac{1260 \sinh}{0.37 + \sinh}$

## 2.5 Висновки по розділу:

1. Сучасний підхід до визначення параметрів теплового режиму приміщень будівлі з багатошаровими конструкціями індустріального виготовлення можливий лише при використанні сучасних математичних моделей, що враховують особливості теплової поведінки конструкцій, у тому числі багатошарових та світлопрозорих, роздільний облік променистих та конвективних теплових потоків, розподіл яких у зимових умовах порізно, і навіть характер зовнішніх і внутрішніх впливів.

2. Математична модель променистого теплообміну передбачає розбиття огорожуючих конструкцій на прямокутні ділянки, що відрізняються променистими характеристиками або іншими теплофізичними характеристиками.

3. Відповідно до моделей клімату, алгоритм передбачає можливість введення кліматичних даних (температури та інтенсивності сонячної радіації) або у вигляді аналітично заданої функції, або в табличній формі у вигляді масиву чисел.

## РОЗДІЛ 3

### СПІВСТАВЛЕННЯ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ І ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ ЗОВНІШНІХ СТІН

#### 3.1 Теплотехнічні територіальні будівельні норми

Відомо, що значно понизити витрати енергії можна за рахунок реалізації низки енергозбережних заходів, таких як обмеження повітрообміну до нормативного значення, скорочення витрат на гаряче водопостачання, автоматичне регулювання температури повітря усередині приміщення, раціональні об'ємно-планувальні рішення будівлі і ін. Перераховані заходи мають бути присутніми в ТСН як можливі варіанти забезпечення економії споживання теплової енергії. Критерієм доцільності використання того або іншого заходу може служити термін окупності капітальних вкладень на його реалізацію. Таким чином при розробці ТСН необхідно виходити з обов'язкового виконання санітарно-гігієнічних вимог і додаткових енергозбережних заходів, регламентованих терміном їх окупності.

Виходячи з цього, можна розкрити поняття «енергозбереження». Під енергозбереженням слід розуміти різницю між кількістю теплової енергії, необхідної для забезпечення санітарно-гігієнічних вимог, і енергією, споживаною в процесі експлуатації будівлі, в якій реалізовані енергозбережні заходи.

Оцінка енергозбережних заходів по термінах їх окупності є присутньою в практиці будівництва низки зарубіжних країн [2].

У ряді ТСН, розроблених для регіонів України в якості критерію, що визначає енергозбереження, фігурують питомі (на 1 кв.м опалюваній площі будівлі) норми енергоспоживання. Такий підхід дозволяє враховувати увесь комплекс енергозбережних заходів. Проте слід зазначити, що дані для обґрунтованого нормування питомих енерговитрат украї обмежені, а ігнорування необхідних капітальних вкладень на реалізацію цих заходів

може привести до невиправданого збільшення вартості будівель.

Виходячи із запропонованої концепції, раціональними з економічної точки зору будуть такі витрати на додаткову теплоізоляцію, які компенсуються за термін окупності. Оскільки витрати на додаткову теплоізоляцію реалізуються одноразово у момент будівництва нового або реконструкції існуючої будівлі, а окупаються в процесі експлуатації, в розрахунках слід враховувати зміну вартості грошей в часі. На зміну вартості впливає ряд чинників, у тому числі інфляція, реінвестиції і ін. В економічній практиці зміна вартості в часі прийнято враховувати за допомогою дисконтування [50].

Посилення вимог до теплозахисних якостей стін, обумовлене зміною гігієнічних параметрів приміщень, вимагає збільшення опору теплопередачі конструкцій усіх будівель, що захищають. Оскільки цей захід обумовлений підвищенням рівня комфортності приміщень, його економічна ефективність не підлягає оцінці.

При обов'язковій реконструкції стін додаткова теплоізоляція проти обумовленої гігієнічними вимогами, як правило, зводиться лише до збільшення товщини шару утеплювача. Економічна доцільність цього збільшення товщини теплоізоляції визначиться із зіставлення витрат і отриманого прибутку.

Питомі (на 1 м<sup>2</sup> стіни) витрати на облаштування додаткової теплоізоляції є одноразовими і складаються з вартостей самого утеплювача і вартості установки його в конструкцію:

$$C_{dy} = \Delta d (1 + \mu_1) C_m$$

де

$\Delta d$  - товщина додаткового шару утеплювача, м;

$\mu_1$  - коефіцієнт переходу від ціни утеплювача до вартості теплоізоляції «у справі»;

$C_m$  - ціна утеплювача .

Величина коефіцієнта  $\mu_1$ , може бути встановлена на основі складових кошторисної вартості робіт по реконструкції стін. Для ефективних теплоізоляційних матеріалів (див. таблицю. 1.2) коефіцієнт  $\mu_1=0.21-0.28$  і з достатньою для розрахунків, що проводяться, точністю може бути прийнятий рівним 0.24.

Прибуток  $C_{nm}$ , що отримується за рахунок збільшення теплоізоляції стін, зводиться до зниження за рахунок зменшення теплоспоживання експлуатаційних витрат. Щорічно отримуваний прибуток  $C_{nm}$  (грн./м<sup>2</sup>рік) визначається вираженням:

$$C_{nm} = K \Delta Q_{nm} \times C_9$$

де

$\Delta Q_{nm} = Q_{mэ} - Q_{mг}$  - різниця між витратою тепла на компенсацію тепловтрат через 1 м<sup>2</sup> стіни відповідно зі збільшеним шаром теплоізоляції  $Q_{mэ}$  і з шаром теплоізоляції, обумовленим гігієнічними вимогами  $Q_{mг}$ ,  $Bm * ч$

$C_9$  - вартість теплової енергії, *грн./Гкал*

$K$  - перевідний коефіцієнт.

Приймаючи як критерій оцінки ефективності розрахунковий термін окупності одноразових витрат  $T_p$  можна скласти умову для оцінки доцільності додаткової теплоізоляції і її розмірів

$$C_{dy} = C_{nm} \sum_{t=t_n}^{T_p} \frac{1}{(1+E)^t}$$

де

$t$  - номер поточного року експлуатації стіни;

$t_n$  - термін від початку інвестування до початку експлуатації, рік;

$E$  - постійна норма дисконту, що враховує зміну вартості грошей у часі за рахунок інфляції, реінвестування і інших чинників.

Вводячи коефіцієнт ефективності  $\alpha_m = C_{nm} / C_{dy}$  і припускаючи що  $t_n = 1$ , замінюючи  $\mu_1$  його позначенням і вводячи позначення  $K_{Tp} = \sum_{t=1}^{T_p} \frac{1}{(1+E)^t}$  отримаємо умову ефективності капіталовкладень для заданого терміну

окупності :

$$\alpha_m = C_3 / C_m * \Delta Q / \Delta d * K_{Tp} \geq 1.24$$

Оцінка ефективності додаткової теплоізоляції зводиться до перебору значень  $\Delta d$  і підрахунку коефіцієнта ефективності  $\alpha_m$ . При значеннях  $\alpha_m < 1.24$  витрат на облаштування теплоізоляції не окупаються в течії заданого розрахункового терміну окупності  $T_p$ .

Реальний термін окупності засобів, що інвестуються, визначається станом економіки і, певною мірою, може характеризуватися рівнем банківського кредиту. Дійсно прибутковість інвестицій повинна відповідати банківській ренті, яка але умовам доходності банківської діяльності не може бути вищий за кредитну ставку. З цієї точки зору уявляють інтерес зведення про розміри кредитних ставок в різних країнах світу (таблиця. 3.1)[23].

Таблиця 3.1 - Процентні ставки за кредитами в деяких країнах (2015-2020 г.г.)

Країна	Ставка рефінансування  %/рік	Величина кредитної ставки	
		короткостроковою	довгостроковою
Австралія	5.75	5.0	5.5
Австрія	2.5	3.6	4.7
Бельгія	2.75	3.6	4.7
Угорщина	19.4	18.0	
Німеччина	2.5	3.5	4.6
Греція	14.5	11.5	
Данія	3.5	4.1	4.9
Ісландія	6.5	7.4	13.0
Іспанія	4.75	4.2	4.8
Ірландія	6.75	5.8	5.0
Італія	5.5	5.0	4.9
Канада	4.5	5.0	5.5
Нова Зеландія	9.7	7.3	<b>6.2</b>
Норвегія	5.5	5.8	5.4
Польща	24.5	19.1	16.4

продолжние таблиці 3.1

Португалія	5.31	4.3	4.9
США	5.0	4.8	5.3
Фінляндія	4.0	3.6	4.8
Чехія	13.0	14.3	
Швеція	2.5	4.2	4.8
Японія	0.5	0.7	1.5

Приймаючи як орієнтовної залежність  $E = 1/T$  і вважаючи, що коефіцієнт дисконтування приблизно дорівнює ставці довгострокового кредиту, можна визначити терміни окупності капітальних вкладень в зарубіжних країнах. Вони знаходяться в межах від 66 років (Японія) до 6.1 років (Польща), а в середньому складають 16.6 років. Не вдаючись до детального вивчення причин, що визначають величину кредитних ставок, скористаємося отриманими даними для визначення значень  $T_p$  в підрахунках розмірів додаткової теплоізоляції (таблиця. 3.2).

Таблиця 3.2 - Розрахункові значення терміну окупності і коефіцієнта  $K_{Tp}$ 

$T_p$ (рік)	5	10	15	25
$K_{Tp}$	2,991	6,145	9,303	15,622

### 3.2 Досліджувані варіанти конструктивних рішень

Оскільки внесені в норми нові вимоги по забезпеченню гігієнічно необхідних параметрів внутрішнього мікроклімату викликає необхідність збільшити опір теплопередачі  $R_0$  в півтора рази одношарові конструкції стін стають нераціональними майже на усій території України. Виходячи з нових: нормативних вимог, можна констатувати, що посилення теплозахисту відповідно до гігієнічних умов. У зв'язку з цим як об'єкти дослідження приймаються тришарові конструкції з комбінацією конструкційно-теплоізоляційних матеріалів (керамзитобетон з об'ємною масою не більше 1300 кг/м, цеглина) і ефективних утеплювачів відносно невеликої міцності (таблиця. 1.2).

Перший варіант стін передбачає збільшення теплоізоляції стін

житлових, громадських і адміністративно-побутових будівель. Частина, що несе, із стіни виконується з цеглини, бетонних блоків або з керамзитобетонних панелей. В якості додаткової теплоізоляції застосовується плитковий утеплювач, що має міцність на стискування при 10 % деформації не менше  $0,5 \text{ кг/см}^2$ . Утеплювач захищений від атмосферних дій захитнодекоративною стінкою з цегляної кладки завтовшки 120 мм або штукатурним шаром завтовшки 20 мм .

При облицюванні цегляною кладкою з глиняної лицьової цеглини, цеглини напівсухого пресування або силікатної цеглини, вона армується і кріпиться до стіни, що несе, сталевими анкерами, що проходять крізь додаткову теплоізоляцію. Площа анкерів при цьому приймається не менше  $0,4 \text{ см}^2/\text{м}^2$ . Для забезпечення необхідної межі вогнестійкості теплоізоляційний шар по контуру отворів закладається ячеїстобетоїними блоками, що дозволяє використати горючу теплоізоляцію (рис. 3.1).

Варіант 1-а. Захисно-декоративний штукатурний шар, використовуваний замість цегляної стінки, виконується з цементно-вапняного або цементного розчину. Штукатурка наноситься в два або три шари. Перший шар "обрызг" виконується завтовшки 5-7мм; основний шар - "грунт", завтовшки до 10-13мм і обробний шар - "накривка", завтовшки до 2мм. Штукатурний шар армується сталевією плетеною сіткою з розміром осередку 15-20мм і діаметром дроту 1,6-2мм. Плиткова теплоізоляція і сталеві сітка кріпиться до частини стіни, що несе, дюбелями, які забезпечують розташування арматурної сітки в середині товщини штукатурного шару (рис. 3.2).

Другий варіант стін передбачає використання традиційних тришарових панелей із зовнішнім і внутрішнім шарами з важкого бетону і середнім - з ефективного плиткового теплоізоляційного матеріалу. Спільна робота зовнішньої і внутрішньої облицювань забезпечується гнучкими сталевими зв'язками. Схема тришарової панелі приведена на рис. 3.3. Конструкція з тришаровими панелями може використовуватися тільки в новому



будівництві. Товщина теплоізоляційного шару при цьому визначиться як сума двох величин. По-перше, основного шару необхідного для забезпечення гігієнічних вимог, і, по-друге, з додаткового шару, обумовленого економічними міркуваннями.

Третій варіант стін передбачає тришарові конструкції з металевими внутрішньою і зовнішньою обшивками. Внутрішня обшивка може виконуватися з горизонтально розташованих профільованих листів профілю корита або з вертикальних зміцнюваних до ригелів профільованих листів. У обох конструктивних рішеннях наружня обшивка виконується з вертикально розташованих профільованих листів. Як теплоізоляція можуть використовуватися як рулонні матеріали, так і плиткові матеріали, що мають необхідну міцність. Конструктивні схеми стін з металевими приведені на рис. 3.4.

Четвертий варіант стін, що є «колодязною» цегляною кладкою може бути використаний тільки при новому будівництві. Відповідно до цього варіанту стіна є цегляними осередками, заповненими ефективним утеплювачем (рис. 3.5). Кладка виконується відповідно до вимог норм. Особливістю конструкції є те, що товщина теплоізоляційного шару може мінятися кроками, кратними 12.5 см (розмір полу цеглини).

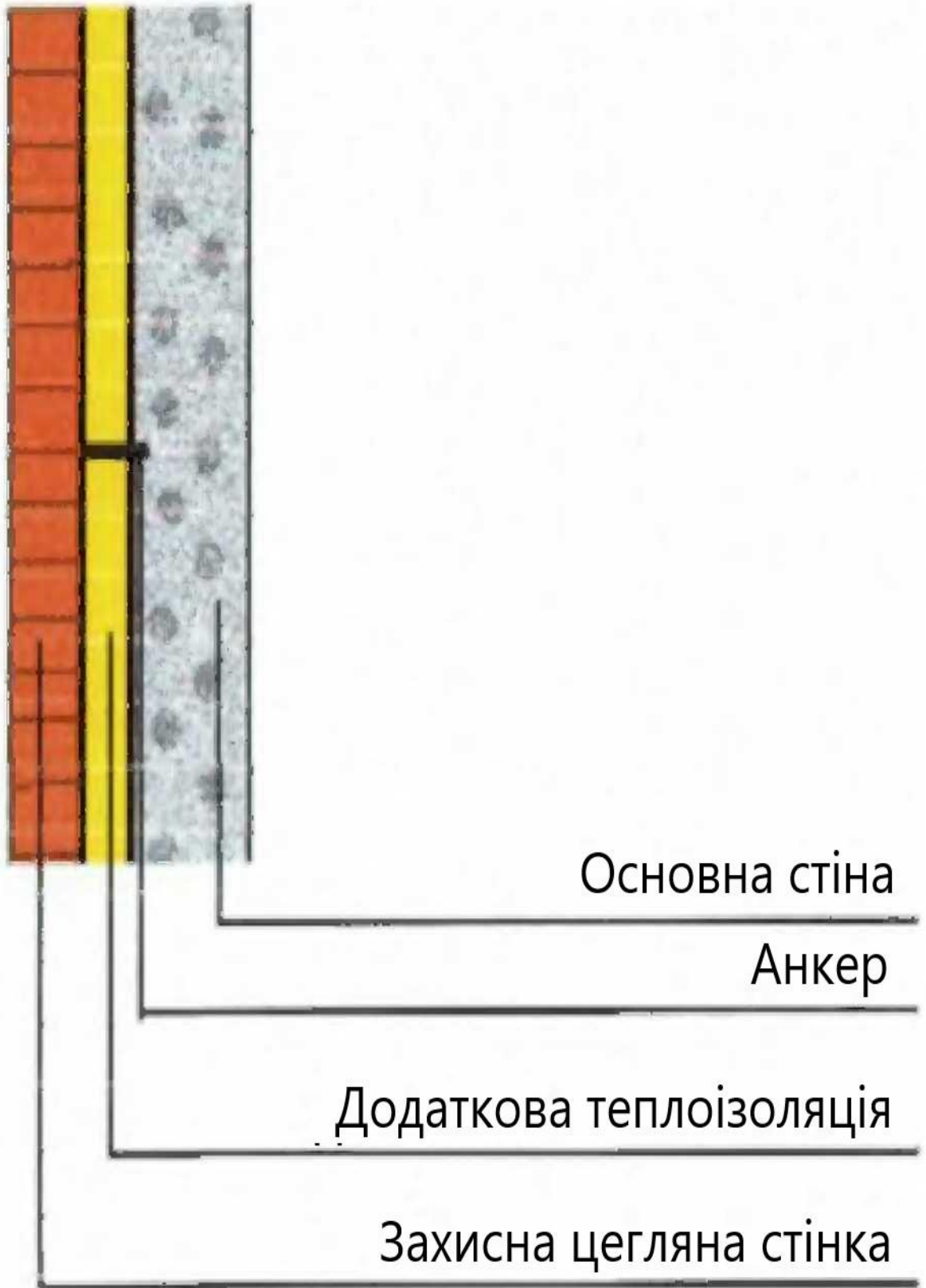


Рисунок 3.1 - Варіант із захисною цегляною стінкою



Рисунок 3.2 - Варіант із захисно-облицювальною штукатуркою



Рисунок 3.3 - Схема тришарової панелі з шарами з важкого залізобетону і ефективного утеплювача бетону

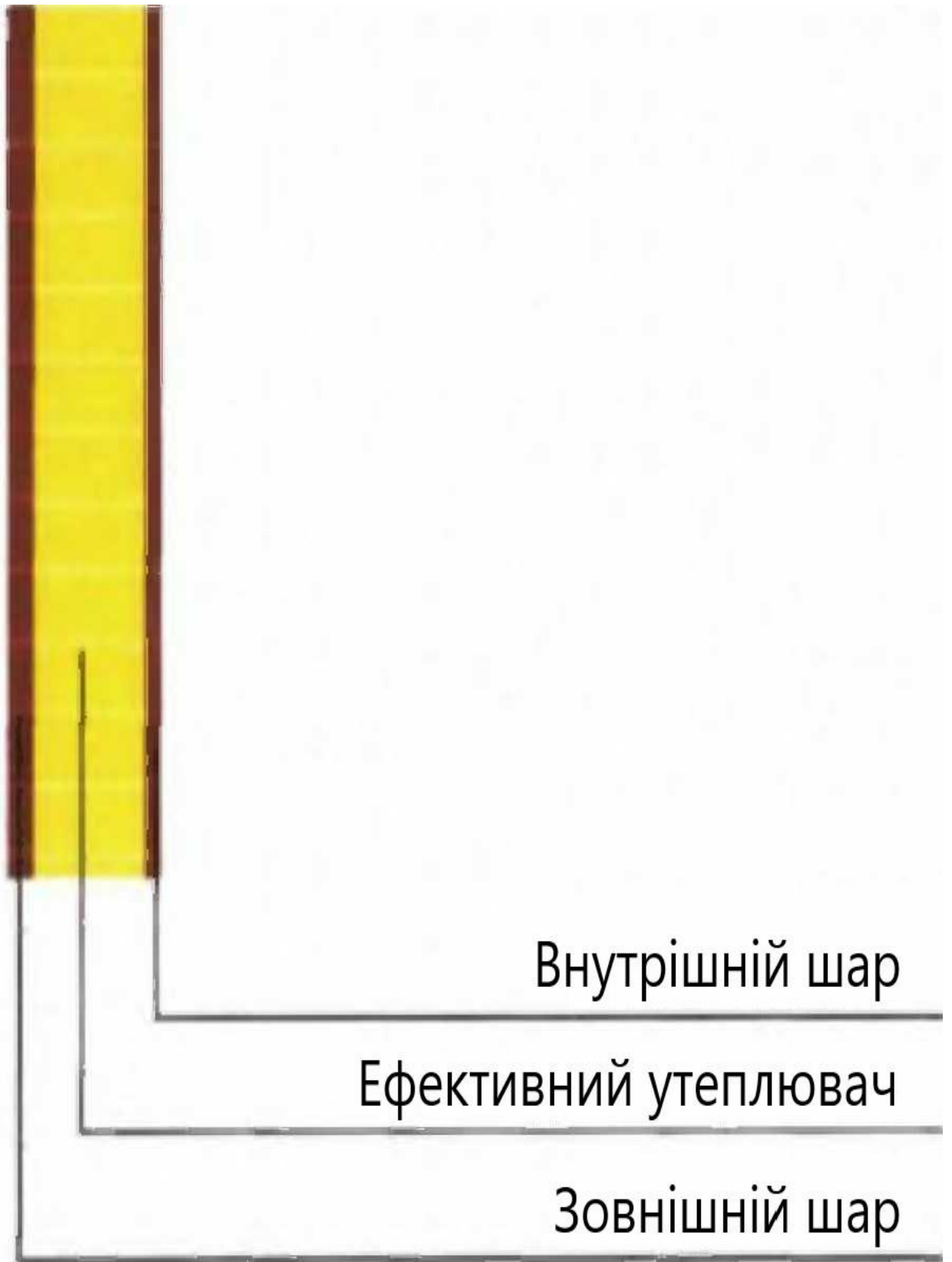


Рисунок 3.4 - Схема тришарової панелі з шаром профільованого металевих листа і ефективним утеплювачем бетону

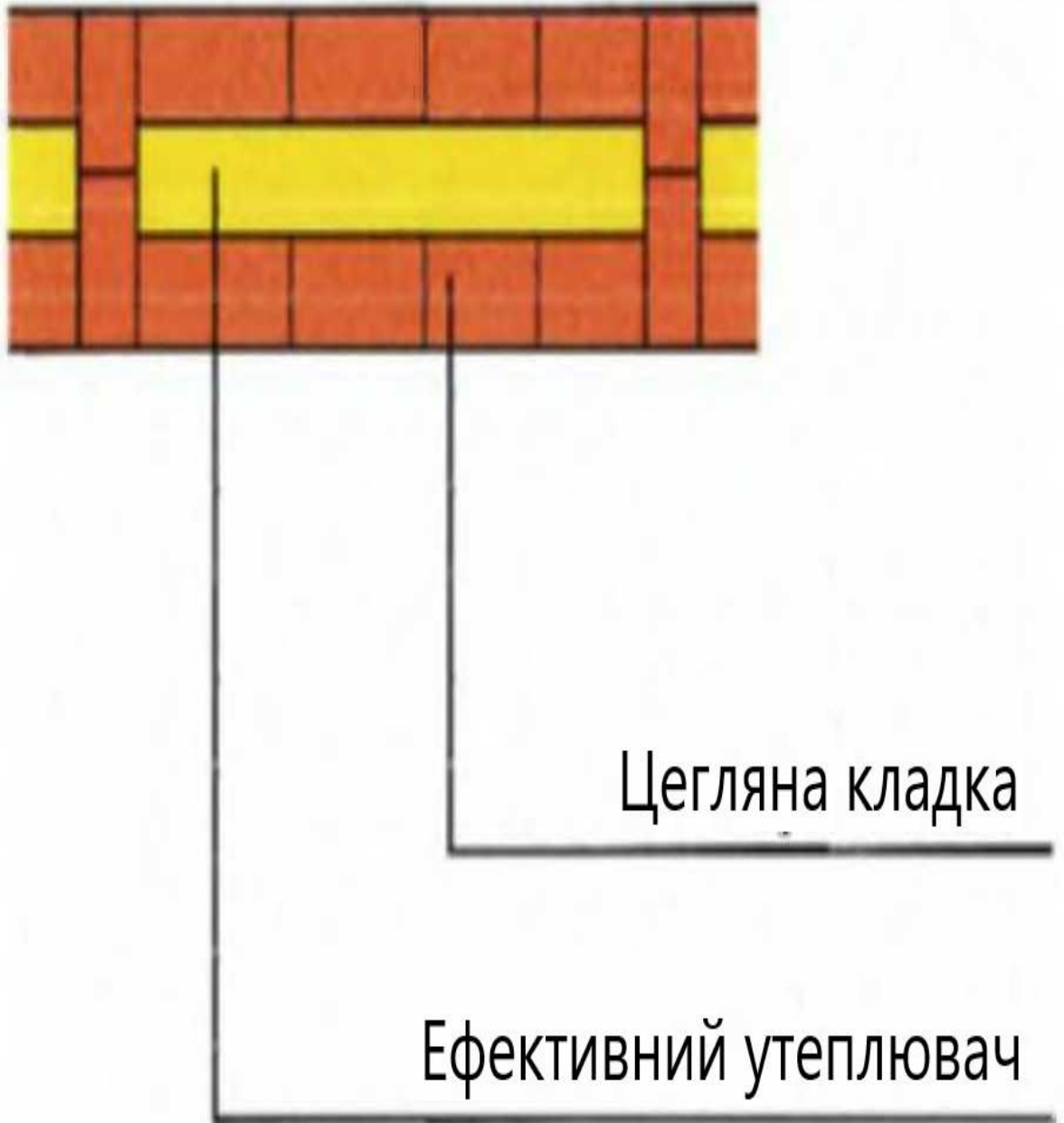


Рисунок 3.5 - План цегляної стіни з «колодязною» кладкою

П'ятий варіант стіни є вентиляльованим фасадом з розташований з боку вулиці плиткової ефективною теплоізоляцією і захисно-декоративним шаром з великорозмірних плит. Такі фасади використовуються у будівлях, що вимагають високоякісної і, таким чином, дорогої обробки. Масивний внутрішній шар стіни, виконаний з цеглини, блоків, монолітного залізобетону або керамзитобетонних панелей, виконує функції несної конструкції. На ній на розпорах дюбелях зміцнюються кронштейни і по них металеве обрешетування. Система з'єднання кронштейнів з обрешетуванням забезпечує можливість вивірювання робочої поверхні фахверка, забезпечуючи компенсацію нерівностей поверхні стіни, що несе. По отриманим кронштейнах кріпиться фахверк з алюмінієвого або сталевого оцинкованого профілю. По поверхні частини стіни, що несе, між кронштейнами і обрешетуванням на металопластових дюбелях встановлюються негорючі теплоізоляційні плити, при цьому зовнішній шар, звернений до вентиляльованої порожнини, повинен мати противітровий захист у вигляді просочення, обклеювання або спеціального облицювання. Між теплоізоляцією і внутрішньою поверхнею облицювання влаштовується повітряний проміжок шириною не менше 50 мм, призначений для вивірювання вологи з теплоізоляційного шару.

Як облицювальні елементи можуть використовуватися будь-які листові або плиткові матеріали, що мають необхідну міцність і декоративність (рис. 3.6).

Цей варіант може бути реалізований як при новому будівництві так і при реконструкції вже існуючих будівель.

Вивчення конструкцій, передбачених усіма чотирма варіантами показує, що збільшення товщини теплоізоляційного шару понад обумовлене гігієнічними вимогами викликає збільшення довжини кріпильних елементів (дюбелів, кронштейнів, що сполучають шари, цегляною

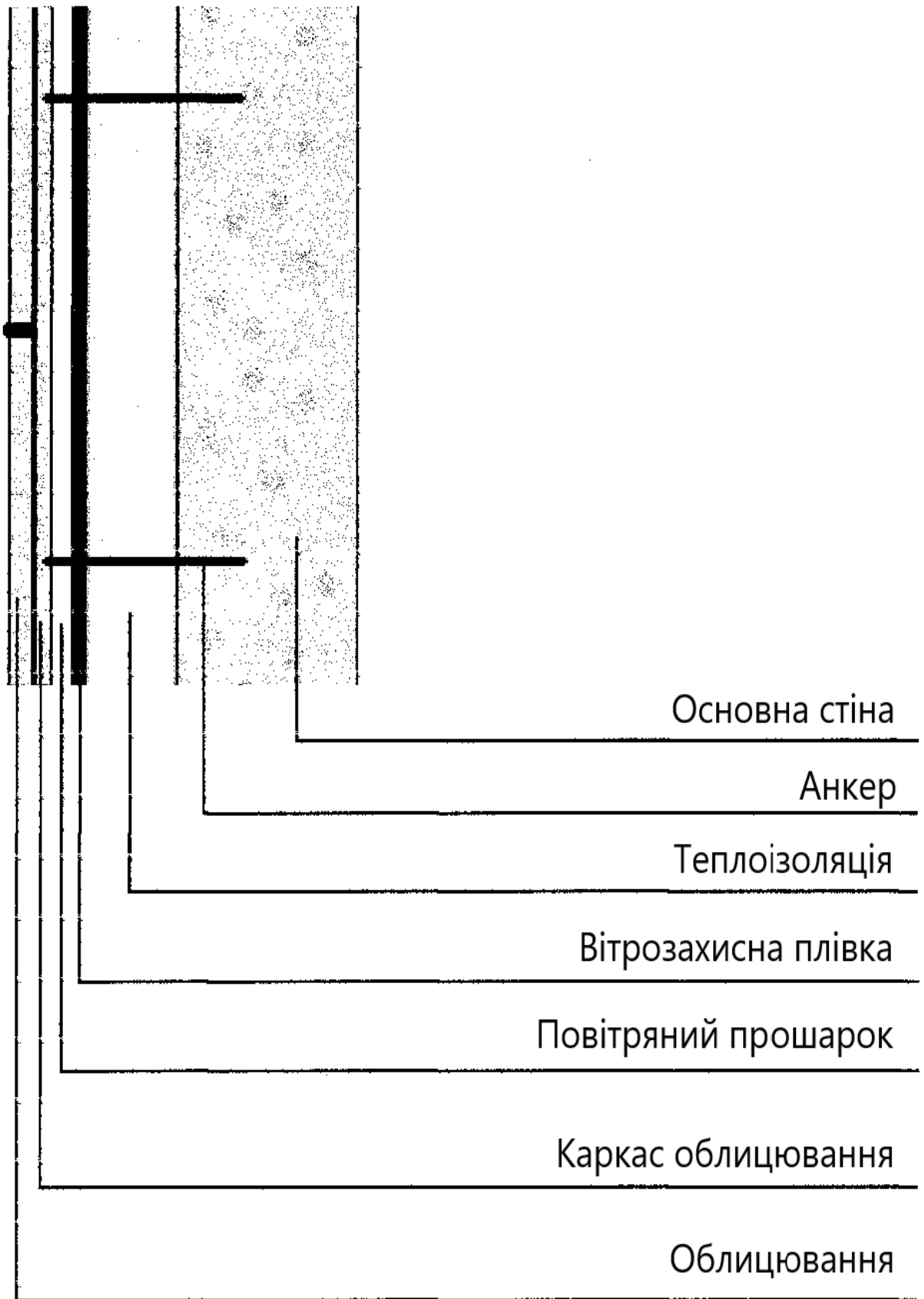


Рисунок 3.6 - Схема вентиляованого фасаду



стінки). Ці зміни помітно не відіб'ються на загальній вартості конструкції. Тому визначення економічно доцільного збільшення теплозахисних властивостей стін визначиться лише збільшенням витрати теплоізоляції і вартістю енергоресурсів.

### 3.3 Результати розрахунку додаткової теплоізоляції

Аналізуючи приведені в таблиці 3.3 дані слід передусім відмітити, що товщина додаткової теплоізоляції не залежить від конструктивних варіантів стін, за винятком варіанту колодязної кладки. Роль конструктивного рішення в даному випадку зводиться до забезпечення можливості застосування різних теплоізоляційних матеріалів. Від конструктивного рішення залежать допустимі прочностные характеристики теплоізоляції, можливість використання матеріалів різної вогнестійкості.

Найважливішу роль у визначенні додаткової товщини теплоізоляції грає її вартість у поєднанні з коефіцієнтом теплопровідності. З таблиці виходить, що у міру збільшення ГСОП відношення між розрахунковим і нормативним значеннями  $\Delta d$  знижується. Відповідний графік приведений на рис. 3.7.

Значний вплив на величину відношення  $\delta$  робить розрахунковий термін окупності витрат на додаткову теплоізоляцію (рис, 3.8). Важливо відмітити, що зі збільшенням терміну окупності росте і товщина додаткової теплоізоляції. Таким чином, задаючи термін окупності, в ТСН можна регулювати величину додаткової теплоізоляції залежно від економічної ситуації в конкретному регіоні. Як впливає з таблиці 3.4 доцільна величина терміну окупності може складати  $T=6-10$  років.

Вплив на величину  $\delta$  вартості теплової енергії можна простежити по графіку, представленою на рис. 3.9.

Таблиця 3.3 - Значення відношення  $\delta = \Delta d_{np} / \Delta d_{снп}$ 

Варіант	ГСО П	T=5				T=10				T=15				T=25											
		G=170		G=700		G=700		G=170		G=700		G=1700		G=170		G=700		G=1700							
		$\lambda$ =0,04	$\lambda$ =0,05	$\lambda$ =0,04	$\lambda$ =0,05	$\lambda$ =0,04	$\lambda$ =0,05	$\lambda$ =0,04	$\lambda$ =0,05	$\lambda$ =0,04	$\lambda$ =0,05	$\lambda$ =0,04	$\lambda$ =0,05	$\lambda$ =0,04	$\lambda$ =0,05	$\lambda$ =0,04	$\lambda$ =0,05	$\lambda$ =0,04	$\lambda$ =0,05	$\lambda$ =0,04	$\lambda$ =0,05				
I	200	0	0	1.63	0	4.48	0.6	0.6	0	3.7	0	6.2	1.46	1.12	0	5.8	0.76	14.8	11.8	2.15	0	10.08	1.52	25.17	4.3
	400	0	0	1.16	0	4	0.17	0.17	0	3.25	0	9.1	1.1	0.67	0	5.41	0.33	14.25	11.2	1.75	0	9.56	1.06	24.5	3.8
	600	0	0	1.06	0	3.7	0	0.1	0	3.01	0	8.6	0.86	0.55	0	5.07	0.21	13.56	10.5	1.51	0	9.1	0.92	23.28	3.53
	800	0	0	1.04	0	3.54	0.1	0.15	0	2.91	0	8.17	0.88	0.62	0	4.79	0.29	12.7	10.13	1.5	0	8.59	0.97	21.87	3.44
	100	0	0	1.02	0	3.4	0.13	0.21	0	1.94	0	7.71	0.88	0.63	0	4.58	0.31	12.03	9.52	1.48	0	8.13	0.95	20.63	3.26
Ia	200	0	0	1.63	0	4.48	0.6	0.6	0	3.7	0	6.2	1.46	1.12	0	5.8	0.76	14.8	11.8	2.15	0	10.08	1.52	25.17	4.3
	400	0	0	1.16	0	4	0.17	0.17	0	3.25	0	9.1	1	0.67	0	5.41	0.33	14.25	11.2	1.75	0	9.56	1.06	24.5	3.8
	600	0	0	1.03	0	3.7	0	0.1	0	3.01	0	8.6	0.86	0.55	0	5.07	0.21	13.56	10.5	1.51	0	9.1	0.92	23.28	3.53
	800	0	0	1.04	0	3.54	0.1	0.15	0	2.91	0	8.17	0.88	0.62	0	4.79	0.29	12.7	10.13	1.5	0	8.59	0.97	21.87	3.44
	100	0	0	1.02	0	3.4	0.13	0.21	0	1.94	0	7.71	0.88	0.63	0	4.58	0.31	12.03	9.52	1.48	0	8.13	0.95	20.63	3.26
II	200	0	0	1.63	0	4.48	0.61	0.6	0	3.71	0	6.21	1.45	1.12	0	5.81	0.76	14.8	11.8	2.16	0	10.09	1.52	25.17	4.3
	400	0	0	1.15	0	4	0.18	0.17	0	3.26	0	9.11	1	0.67	0	5.4	0.33	14.25	11.2	1.76	0	9.55	1.06	24.5	3.5
	600	0	0	1.02	0	3.71	0	0.11	0	3	0	8.59	0.85	0.55	0	5.07	0.21	13.56	10.5	1.52	0	9.1	0.93	23.28	3.53
	800	0	0	1.04	0	3.52	0.11	0.15	0	2.91	0	8.17	0.87	0.62	0	4.79	0.29	12.7	10.13	1.5	0	8.6	0.97	21.87	3.44
	100	0	0	1.02	0	3.41	0.13	0.22	0	1.95	0	7.71	0.86	0.63	0	4.58	0.31	12.03	9.52	1.48	0	8.14	0.95	20.63	3.26
III	200	0	0	1.47	0	3.58	0.62	0.72	0	3.07		7.43	1.34	1.08	0	4.61	1.02	11.28	2.25	1.86	0	7.75	1.73	18.97	4.29
	400	0	0	1.08	0	2.69	0.5	0.52	0	2.26		5.67	1	0.8	0	3.49	0.77	8.49	1.9	1.41	0	5.84	1.29	14.29	3.23
	600	0	0	1	0	2.5	0.44	0.52	0	2.09		5.15	0.93	0.75	0	3.2	0.71	7.83	1.73	1.27	0	5.4	1.19	13.13	2.98
	800	0	0	1.02	0	2.53	0.46	0.51	0	2.13		5.25	0.93	0.77	0	3.25	0.72	7.93	1.77	1.3	0	5.5	1.21	13.37	3.04
	100	0	0	1.01	0	2.51	0.44	0.51	0	2.11		5.17	0.93	0.77	0	3.22	0.71	7.85	1.76	1.3	0	5.43	1.21	13.19	3
IV	200	0	0	0.88	0	0.95	0.71	0.74	0	3.7	0	6.2	1.14	1.13	0	5.8	0.76	14.81	1.8	2.16	0	10.01	1.53	25.17	4.31
	400	0	0	0.65	0	0.97	0.17	0.21	0	3.3	0	9.1	1	0.66	0	5.39	0.34	14.25	11.2	1.76	0	9.54	1.05	24.51	3.81
	600	0	0	0.59	0	0.84	0	0.16	0	3	0	8.5	0.85	0.54	0	5.07	0.21	13.56	10.5	1.52	0	9.1	0.91	23.27	3.53
	800	0	0	0.51	0	0.86	0.12	0.2	0	2.91	0	8.2	0.87	0.61	0	4.78	0.29	12.7	10.13	1.5	0	8.6	0.96	21.88	3.44
	100	0	0	0.65	0	0.86	0.16	0.28	0	1.95	0	7.71	0.86	0.63	0	4.57	0.3	12.03	9.52	1.48	0	8.14	0.95	20.64	3.27
V	200	0		1.63		4.47		0.6		3.7		6.22		1.12		5.81		14.79		2.16		10.09		25.18	
	400	0		1.15		3.98		0.17		3.26		9.12		0.67		5.4		14.26		1.76		9.55		24.49	
	600	0		1.03		3.72		0.1		3		8.59		0.55		5.07		13.57		1.52		9.09		23.27	
	800	0		1.04		3.53		0.14		2.93		8.19		0.62		4.79		12.7		1.5		8.58		21.88	
	100	0		1.01		3.42		0.21		1.95		7.71		0.63		4.58		12.03		1.48		8.13		20.64	

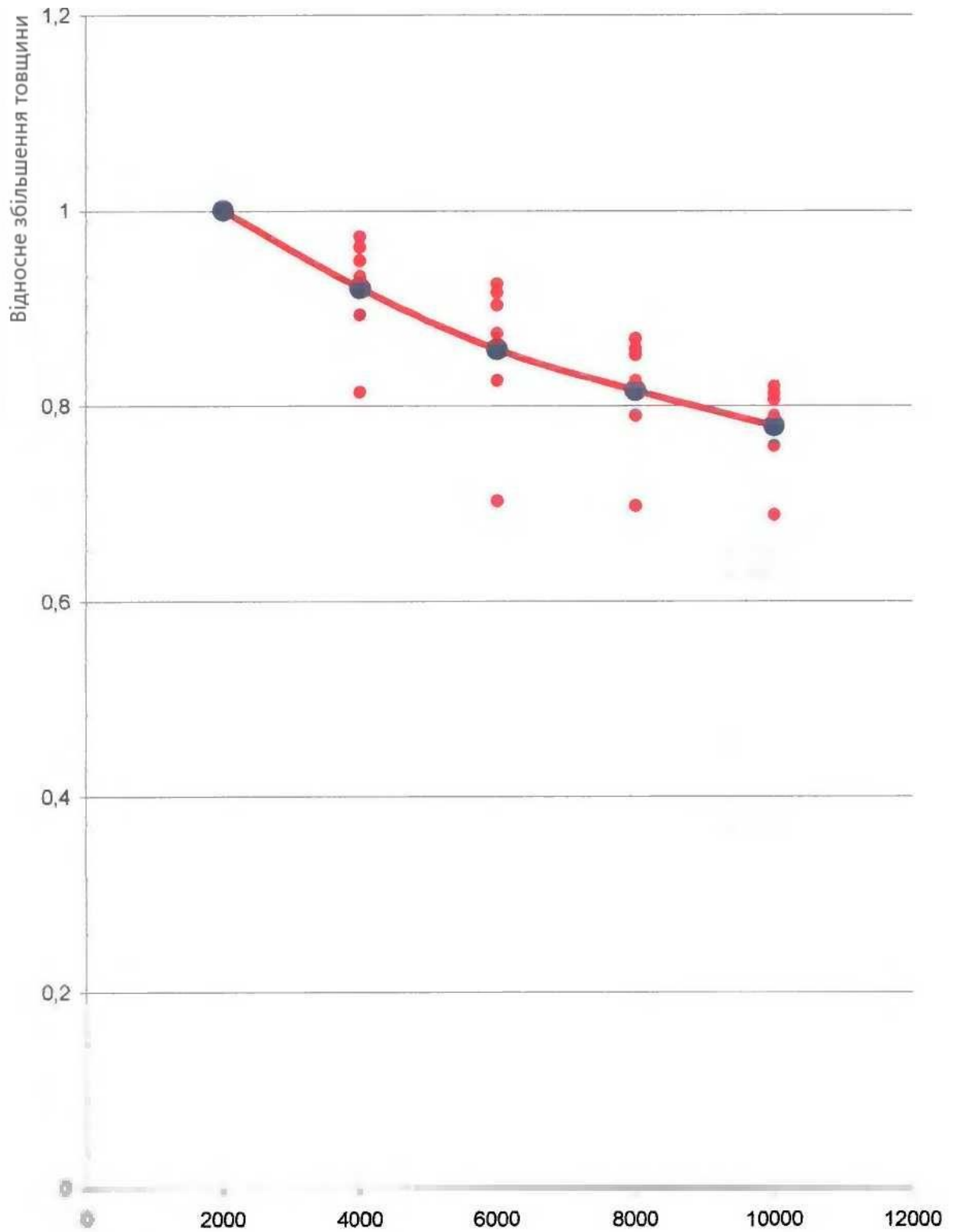


Рисунок 3.7 - Графік залежності відносного збільшення товщини додаткового шару теплоізоляції від ГСОП для  $\lambda=0.04$

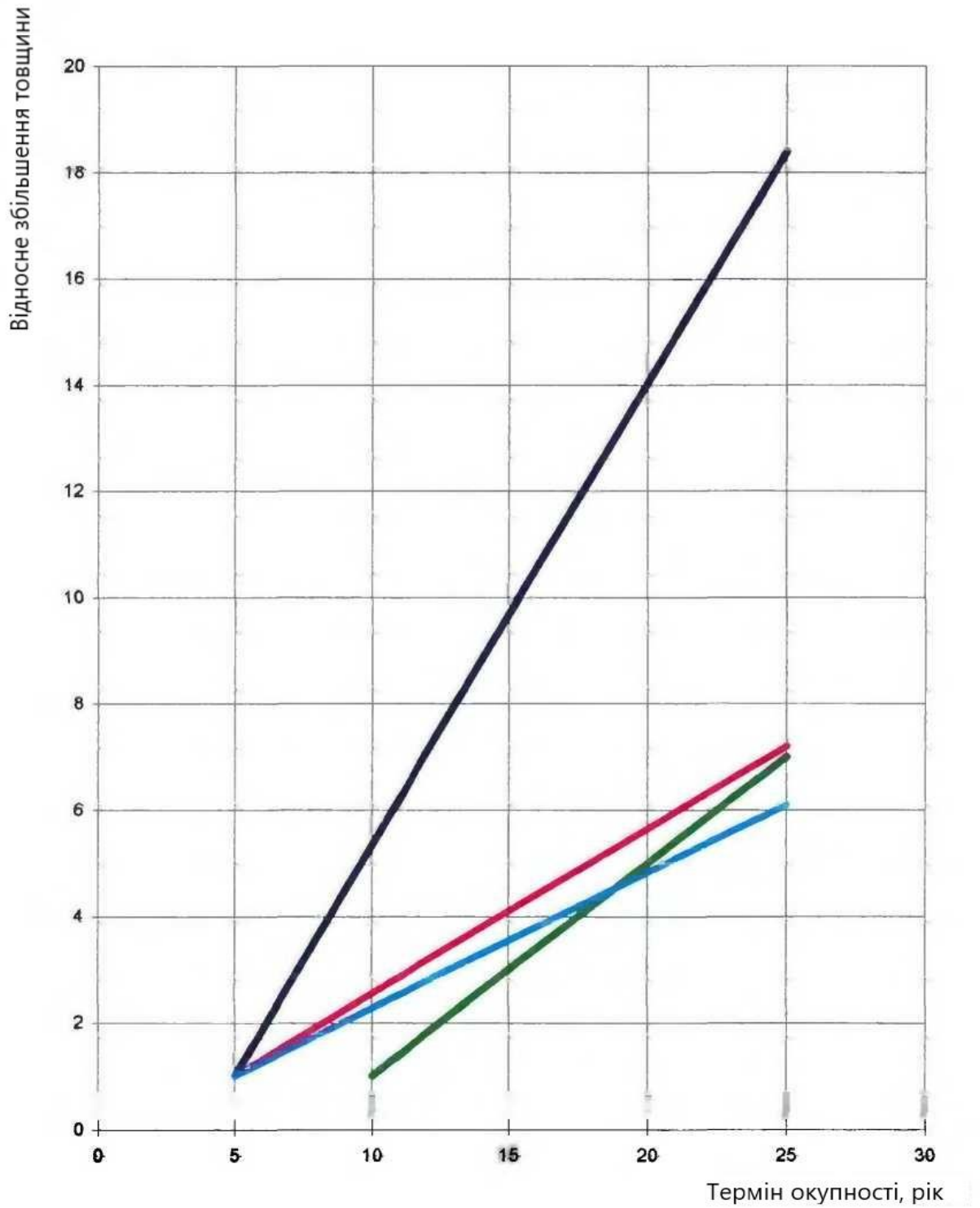


Рисунок 3.8 - Графік залежності відносного збільшення товщини додаткової теплоізоляції від розрахункового терміну окупності

$C_z=1700$   $\lambda=0,05$

$C_z=700$   $\lambda=0,04$

$C_z=170$   $\lambda=0,04$

$C_z=1700$   $\lambda=0,04$

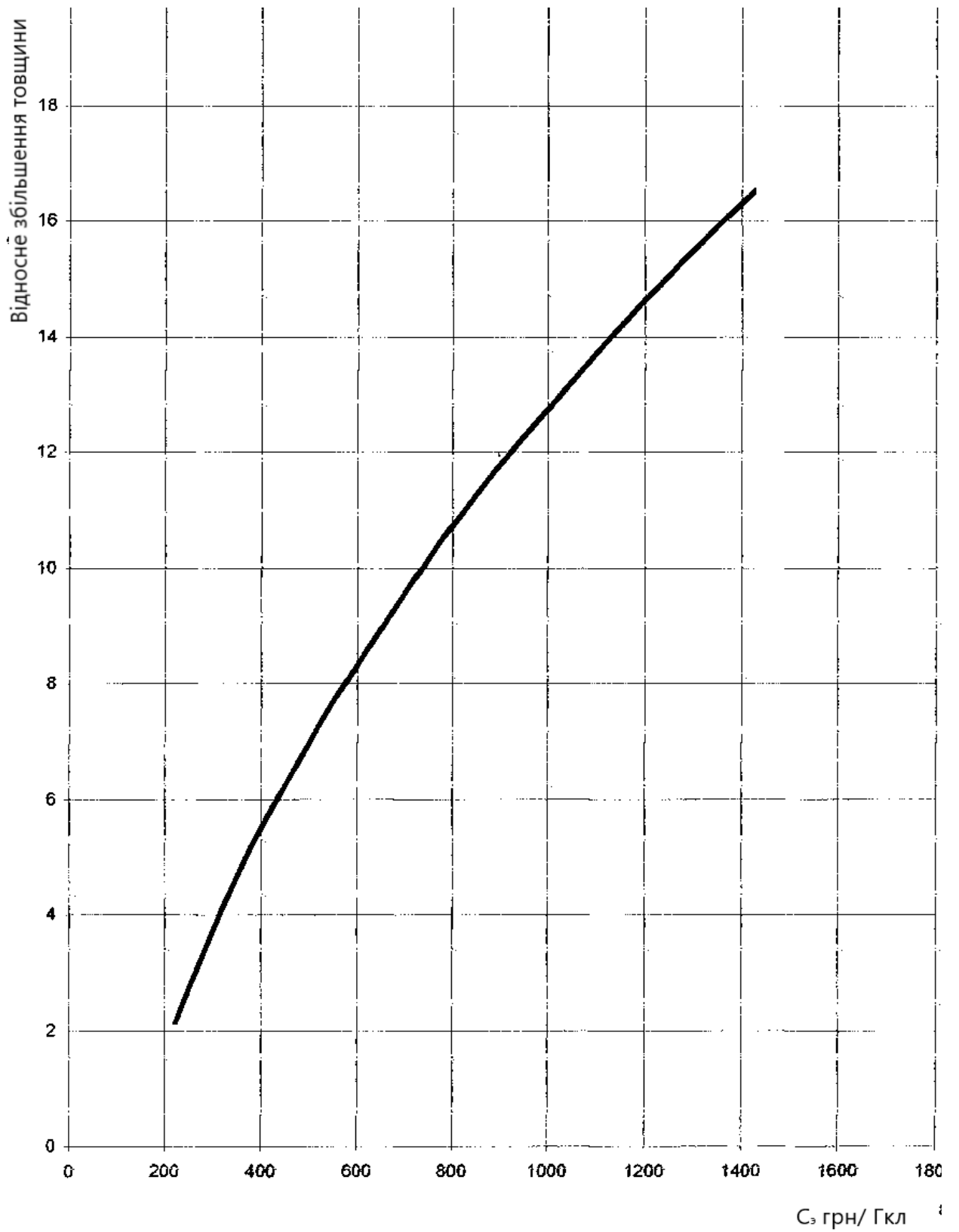


Рисунок 3.9 - Залежність відносного збільшення товщини додаткової теплоізоляції від вартості теплової енергії  $C_3$ .

### 3.4 Загальні положення. Охорони праці

Діюча система охорони праці (трудове законодавство, виробнича санітарія і техніка безпеки) забезпечує належні умови праці робітникам-будівельникам, підвищенню виробництва, безпека робіт і їх полегшення, що сприяє підвищенню продуктивності праці. Створення безпечних умов праці у будівництві тісно пов'язане з технологією і організацією виробництва.

У будівництві керуються ДБН, який містить перелік заходів, що забезпечують безпечні методи виробництва будівельних і монтажних робіт. Допуск до роботи знову прийнятих робітників здійснюється після проходження ними загального інструктажу по техніці безпеки, а також інструктажу безпосередньо на робочому місці. Окрім цього, робітники навчаються безпечним методам робіт впродовж трьох місяців з дня вступу, після чого отримують відповідні посвідчення. Перевірка знань робітників техніки безпеки проводиться щорічно.

Відповідальність за безпеку робіт покладена в законодавчому порядку на технічних керівників будівництв - головних інженерів і інженерів по охороні праці, виробників робіт і будівельних майстрів. Керівники будівництва зобов'язані організувати планування заходів по охороні праці і протипожежній техніці і забезпечувати проведення цих заходів у встановлені терміни.

Усі заходи по охороні праці здійснюється під безпосереднім державним наглядом спеціальних інспекцій (котлонагляду, держміськтехнагляду, гірською, газовою, санітарною і технічною, пожежною).

### 3.5 Пожежна безпека

Проблема пожежної безпеки стає усе більш актуальною у міру того, як зростає щільність населення і збільшується загроза людського життя.

Проблеми, пов'язані з розвитком і поширенням пожежі у будівлі, властиві усім будівлям: розчленовування і захист вертикальних комунікацій, забезпечення вогнетривких перекриттів, стін і дверей, обмеження у виборі матеріалів для обробки інтер'єру і так далі

Будівля І міри вогнестійкості. Усі несні і захищаючі конструкції виконані з матеріалів, що не згорають, відповідно до міри вогнестійкості будівлі згідно з вимогами ДБН В. 1.1.7-2002. Будівля має сходову клітину з штучним освітленням. Стіни сходової клітин мають межу вогнестійкості 2,5 години.

Двері відкриваються по ходу евакуації. Конструкція усієї споруди забезпечує нормативні межі вогнестійкості.

Внутрішня пожежогасіння забезпечена установкою на кожному поверсі пожежних кранів з витратою води 25 л/с. В усіх приміщеннях встановлюється датчики пожежної сигналізації.

Зовнішня пожежогасіння забезпечена від пожежних гідрантів, встановлених на дворовій водопровідній мережі з витратою води 20 л/с.

Пожежна сигналізація. Пожежі відносяться до небезпечних подій, які виникають від випадку до випадку. Від своєчасного виявлення пожежі залежить збиток, який наносить пожежу. Цінність інформації про пожежу знаходиться в зворотній залежності від його тривалості. Методи контролю пожежних подій можна розділити на пасивні і активні. У цьому проєктованому спортивному комплексі застосовується активний метод контролю.

Активний метод контролю — безперервний в часі, заснований на застосуванні технічних засобів. Виявлення пожежі і виклик пожежної допомоги при цьому методі здійснюється незалежно від людини —

автоматично. У цих цілях застосовують спеціальні об'єкти пожежі — датчики, які розміщують в різних приміщеннях об'єктів охорони і сполучають їх лініями зв'язку з приймальною станцією, яку встановлюють зазвичай в пункті охорони підприємства, установи. В результаті виконання цих робіт на підприємстві утворюється система централізованого збору інформації про пожежі від розосереджених об'єктів. Така система безперервно підтримується в справному стані, функціонує в так званому режимі, що чекає, пожежа для якої — подія очікувана.

У початковій стадії горіння нагріті гази і продукти спрямовуються від вогнища вгору, до перекриття приміщення, поширюючись потім радіально по усій площі стелі. Нагріті гази спрямовуються вгору і утримуються під перекриттям тому, що їх об'ємна маса менше об'ємної маси не нагрітого повітря. Якщо внутрішній об'єм приміщення представляти як би розділеним горизонтальними площинами на декілька зон, то на початку продукти горіння заповнюють зону, що примикає до стелі. У міру розвитку вогнища горіння лінійна швидкість потоку, що переміщається під стелею, зростає і його товщина по вертикалі розширюється, поступово заповнюючи суміжну (нижче розташовану) зону.

Таким чином, в початковій стадії пожежі параметри середовища в об'ємі приміщення міняються не одночасно, небезпечна зона з високими параметрами формується передусім у верхній частині приміщення (під стелею), тоді як на нижніх рівнях приміщення (у підлоги) параметри середовища міняються не істотно.

Зона приміщення, в якій параметри середовища (температура, задимленість) наростають у випереджаючому темпі, вважається оптимальною для виявлення пожежі на ранній стадії розвитку. Тому стеля приміщення — найбільш прийнятне місце розміщення об'єктів пожежі (датчиків). При подальшому розвитку пожежі у зв'язку з припливом свіжого повітря до вогнища горіння нагріті шари повітря перемішуються з



холоднішими шарами і параметри середовища в різних по висоті зонах приміщення поступово вгору.

Евакуація людей з будівель. Пересування людей як функція властива усім приміщенням будівель і споруд, пов'язаних з перебуванням в них людини. Для більшості приміщень переміщення людей є допоміжною функцією і для її здійснення виділяються спеціальні площі у складі приміщень (проходи між устаткуванням, входи і виходи), а для значної частини приміщень, що називаються комунікаційними приміщеннями або приміщеннями зв'язку (коридори, сходи, вестибюлі, фойє, кулуари і т. п.), переміщення людей є основним функціональним процесом. Комунікаційні приміщення у будівлях займають значну площу, складову у ряді випадків 30% і більше від робочої площі будівлі. Для великої групи будівель і споруд рух людей є основним функціональним процесом і від його правильної організації залежить їх раціональне об'ємно-планувальне рішення.

На відміну від інших функцій рух людей має ту особливість, що його значення різко міняється в різні періоди експлуатації будівлі. Так, навіть для тих приміщень, де ця функція є лише допоміжною, в період завантаження і евакуації приміщень рух людей стає основною функцією. При завантаженні і евакуації будівлі характерне одночасне переміщення значної кількості людей в одному напрямі.

Особливе значення придбаває рух людей під час виникнення пожежі у будівлі, аварії або якого-небудь стихійного лиха. В цьому випадку від правильної організації руху і стану комунікаційних приміщень залежить життя людей. Оскільки виникнення пожежі можливе у будь-якому приміщенні, то облік аварійної евакуації людей обов'язковий для будь-якого приміщення і в цілому будівлі або споруди.

Таким чином, створення оптимальних умов для здійснення функціональних процесів, що відповідають призначенню будівлі або приміщення, вимагає обліку руху людей як в умовах нормальної експлуатації будівлі, так і при його аварійній евакуації. Як у тому, так і в іншому випадку

слід прагнути до створення оптимальних параметрів ділянок для переміщення людей з комунікаційних приміщень.

Шляхи евакуації жителів під час пожежі - це один з важливих чинників при плануванні будівель, які передбачають необхідну площу сходів, на необхідний потік людей, оскільки паніка є головною причиною більшості людських жертв.

Розрахунок вогнестійкості конструкції. Вимагається визначити межу вогнестійкості багатопустотного настилу перекриття того, що спирається по двох сторонах. Ширина перерізу  $b=1\text{м}$  (100см), довжина робочого прольоту  $l=6\text{м}$  (600 см), висота  $h=0,3\text{м}$  (30см). Товщина захисного шару до низу розтягнутої арматури Кл А240 [ $R_{sn} = 295\text{МПа}$  ( $3000\text{кг/см}^2$ )  $F_a = 12,6 \cdot 10^{-4}\text{м}^2$  ( $12,6\text{ см}^2$  в стержні  $d = 16\text{ мм}$ )]. Бетон С15/20 [ $R_{bn} = 11\text{МПа}$  ( $112\text{ кг/см}^2$ )].

Нормативне навантаження з урахуванням власної ваги  $g = 11150\text{ Па}$  ( $1140\text{ кг/м}^2$ ). Розрахунок вироблюваний по критичних деформаціях розтягнутої арматури.

#### 1. Обчислюємо максимальний згинаючий момент

$$M = \frac{bgl^2}{8} = \frac{1,00 \cdot 6^2 \cdot 11,150}{8} = 5,02 \cdot 10^4 \text{ Нм}$$

$$R_{\text{при}} = \frac{R_{bn}}{0,83} = \frac{11}{0,83} = 13,2 \text{ МПа}$$

$$R_{\text{ан}} = \frac{R_{cn}}{0,9} = \frac{295}{0,9} = 328 \text{ МПа} (3340 \text{ кгс / см}^2)$$

#### 2. Корисна висота перерізу

$$h_0 = h - y - 0,5d = 3,0 - 1,5 - 0,5 \cdot 1,6 = 27,7 \text{ см}$$

#### 3. Захисний шар до центру арматури

$$y + 0,5d = 15 + 0,5 \cdot 16 = 23 \text{ мм}$$

#### 4. Відносна висота стислої зони

$$\xi_t = 1 - \sqrt{1 - \frac{2I}{bh_0^2 R_{\text{дт}}}} = 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 512000}{100 \cdot 27,7^2 \cdot 135}} = 0,051$$

#### 5. Коефіцієнт зниження міцності розтягнутої арматури

$$\gamma_a = \frac{bh_0 R_{idf}}{F_a R_{af}} \xi_t = \frac{100 \cdot 27,7 \cdot 135}{12,6 \cdot 3340} 0,051 = 0,453$$

6. Критичну деформацію розтягнутої арматури

$$\xi_{aed} = 0,0067 \left( \frac{0,69}{\xi_t} - 1 \right) = 0,0067 \left( \frac{0,69}{0,051} - 1 \right) = 0,084$$

7. По знайдених значеннях  $\gamma_a$  і  $\xi_{акр}$  знаходимо  $T_{акр} = 1073K$  (793K).

Межа вогнестійкості  $\tau$  настилу суцільного перерізу при захисному шарі до центру арматури 23 мм і  $T_{акр} = 1073K$ .

8. Визначаємо  $\tau = 3$  години 45 хвилин з урахуванням пустотності настилу

$$\tau = 0,9 \cdot 225 = 203 \text{ хвилини} \approx 3 \text{ години } 38 \text{ хвилин}$$

$$\tau_{ф} \geq \tau_{перед}$$

$$3 \text{ години } 38 \text{ хвилин} > 0,9 \text{ години}$$

### 3.6 Техніка безпеки при будівельних роботах

Техніка безпеки при бетонних роботах. В цілях створення належних умов для безпечного виробництва робіт на будівельному майданчику мають бути попереджувальні написи, виділені небезпечні зони:

- падіння вантажу 7 м;
- робочих органів машин 5 м;

Отвори захищені.

Усі робітники беруть участь у виробництві робіт, повинні носити каски, запобіжні пояси.

Однією з найважливіших умов безпечного виконання робіт є правильна експлуатація кранів, стійкість, що забезпечує їх, і надійність вантажозахватних пристроїв. При вітрі силою більше шести балів крани веж використати заборонено.

Забезпечення безпеки кам'яних робіт. Кам'яні роботи полягають в зведенні стін, що несуть, з цеглини  $\delta = 510$  мм. Під'їм і переміщення цеглини робиться краном на піддонах за допомогою вантажозахватних пристосувань,

що виключають падіння вантажу. Рівень кладки після кожного переміщення лісів на 0,7 м вище робочого наздогнала. Кладка наступних поверхів робиться після облаштування міжповерхового монолітного перекриття.

Дверні і віконні отвори в зовнішніх стінах, що знаходяться на рівні робочого настилу або вище на 0,6 м мають бути закриті або захищені перилами на висоті 1 м.

Висота будівлі 12,08 м - необхідно встановити захисні козирки по усьому периметру будівлі у вигляді настилу на кронштейнах через 6 м від рівня землі.

Ширина козирків 1,5 м з ухилом до стіни, так щоб кут між нижньою частиною стіни і поверхнею козирка складала 110°. Робітники зайняті на установці козирків, працюють із запобіжними поясами. Перший ряд захисних козирків збережеться до закінчення кладки стіни, другий ряд з сітчастих настилів встановлюється над першим рядом на висоті 2 м і переставляється по ходу кладки.

Ліси і подмости на яких працюють мулярі повинні відповідати встановленим вимогам зокрема стійкості і міцності.

Розрахунок робітника настилу. Настил складається з чотирьох дощок  $\delta = 50$  мм, шириною 200 мм, завдовжки 2,0 м. Розрахункове навантаження 1130 кг

вага пакету з цеглиною - 700 кг

вага ящика з розчином - 200 кг

вага робітника з інструментом 130 кг

вага робітника, що окремо стоїть, 100 кг

Зосереджене навантаження на горизонтальні елементи  $R_d = 2,5$  кН

Дерев'яний настил відноситься до середніх засобів підмоцнення.

Визначуваний момент опору :

$$W = b \times h^2 \times n / 6 = 0,2 \times 0,052 \times 4 / 6 = 3,3 \times 10^{-4} \text{ мЗ}$$

З обліком гранично - допустимої напруги  $R = 12.75$  МПа допустиме навантаження дерев'яний настил:  $M_{доп} = W [R] D_o$ , де  $D_o = 1,55$  коефіцієнт враховує короткочасну дію навантаження :

$$M_{доп} = 3,3 \times 10^{-4} \times 12,75 \times 1,55 \times 1000 = 6,6 \text{ кНм}$$

Визначаємо зусилля, яке може витримати настил :

$$P = 4 \times M_{доп} / \ell = 4 \times 6,6 / 2 = 13,2 \text{ кН}$$

$$P > P_g \quad 13,2 \text{ кН} > 2,5 \text{ кН}$$

$$\text{Площа наздогнала } S = 0,2 \times 4,2 = 1,6 \text{ м}^2$$

$$\text{Тоді } P_g < 9,8 \times p_1 / s = 9,8 \times 11300 / 1,6 \times 10000 = 9,92 \text{ кН}$$

$$P_g < 9,8 \times p_1 / s = 1,8 \text{ кН} < 6,92 \text{ кН}$$

Проектований настил витримує зусилля в 13,2 кН, що значно вище за нормативні навантаження і забезпечує безпеку кам'яних робіт на висоті.

Забезпечення безпеки робіт електрозварювань. Місця виробництва з робіт електрозварювань звільнені від матеріалів, що згорають, в радіусі не менше 5 м, а від вибухонебезпечних матеріалів і установок - 10 м. При різанні елементів конструкцій прийняті заходи проти випадкового обвалення відрізаних елементів. Для підведення зварювального струму до електроутримувачів і пальників для дугового зварювання застосовані ізолювані гнучкі кабелі, розраховані на надійну роботу при максимальних електричних навантаженнях з урахуванням тривалості циклу зварювання. Металеві частини устаткування електрозварювання, що не знаходиться під напругою, а також зварювані вироби і конструкції на увесь час зварювання заземлені, а у зварювального трансформатора, окрім цього, сполучений закріплюючий болт корпусу із затиском вторинної обмотки, до якого підключається зворотний дріт.

При виробництві зварювальних робіт на висоті робітники застосовують запобіжні пояси, що кріпляться до металевих петель, вмонтованих в стіни будівлі. Місця зварювання захищаються ширмами.

Виробництво робіт електрозварювань під час дощу або снігопаду за відсутності навісів над устаткуванням електрозварювання і робочим місцем електрозварника не допускається.

Забезпечення безпеки обробних робіт. редства підмоцнування, вживані для штукатурних або малярних робіт, в місцях, під якими ведуться інші роботи або є прохід, повинні мати настил без проміжків.

Малярні склади виготовляють централізований. При їх приготуванні на будівельному майданчику використовують для цих цілей приміщення, обладнані вентиляцією, що не допускає перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Приміщення забезпечені нешкідливими миючими засобами і теплою водою.

Тару з вибухонебезпечними матеріалами (лаки, нітрокраски і тому подібне) під час перерв в роботі закривати пробками або кришками і відкривати інструментом, не зухвалим искрообразования.

Місця, над якими робляться скляні роботи, захищені. До початку скляних робіт візуально перевірити міцність і справність віконних палітурок.

Забезпечення безпеки покрівельних робіт. Допуск робітників до виконання покрівельних робіт дозволяється після огляду виконробом або майстром спільно з бригадиром справності несних конструкцій даху і обгороджувальних. При виконанні робіт на даху робітники застосовують запобіжні пояси. Місця закріплення запобіжних поясів мають бути вказані майстром або виконробом. Трапи на час роботи закріплені. Не допускається виконання покрівельних робіт під час ожеледі, туману, що виключає видимість в межах фронту робіт, грози і вітру.

### 3.7 Правила безпеки при обстеженні будівельних конструкцій

Організація робіт по технічному обстеженню будівель забезпечує їх безпеку. При цьому усі небезпечні для людей зони мають бути позначені

знаками безпеки, попереджувальними написами і плакатами. Постійно діючі небезпечні зони мають бути обнесені захисними обгороджуваннями, що задовольняють вимогам ДСТУ.

Перед початком обслідувальних робіт відповідальний за виробництво робіт показує виконавцям місця обстеження і безпечні шляхи переміщення, крім того, він повинен забезпечити пристрій в необхідних місцях міцних настилів, драбин, проходів, а також достатнє освітлення проходів і місць обстеження.

Особи, що виконують роботи по технічному обстеженню будівель, забезпечуються перевіреними і випробуваними запобіжними поясами із страхуючими канатами, а при роботі на даху — додатково нековзним взуттям; у усіх випадках обов'язкове носіння захисних касок.

Якщо при технічних обстеженнях частин і елементів будівель створюється небезпека для осіб, що виконують цю роботу, відповідальний за виробництво обслідувальних робіт вживає заходи по попередженню небезпеки і припиняє працю до її усунення.

При незадовільному стані карнизів, поясів, наличників, штукатурки, балконів, перемичок, кладки стін і т. д., а також за наявності нависаючих полоїв, бурульок роботи біля вказаних ділянок стін не дозволяються.

Роботи по технічному обстеженню аварійних частин будівлі слід робити тільки після проведення відповідних охоронних заходів; перелік охоронних заходів в кожному випадку повинен визначатися комісією у складі фахівців від організації, що виробляє обстеження, замовника і будівельної організації.

Обстеження будівель, що плануються до ремонту або знаходяться в ремонті, виконується тільки після попередження і узгодження з технічним персоналом і виконавцями організації, яка виконуватиме ремонт.

При технічному обстеженні будівель використання світильників з відкритим полум'ям в якості штучного джерела світла забороняється.

Підйом на поверхи і горища допускається тільки по внутрішніх сходах або драбинах з відповідними обгороджуваннями.

Робота з випадкових засобів підмоцнення при цьому не допускається, а ліси і подмости повинні відповідати вимогам відповідних правил пристрою і їх експлуатації, затверджених в установленому порядку.

Технічними нормами забороняється під час роботи ставати на всякого роду підземні і надземні трубопроводи, а також на електрокабелі, батареї опалювання і вентиляційні коробки, ходити по них або спиратися при підтягуванні і спуску з однієї висоти на іншу. При цьому роботу з приставних переносних сходів допускається вести на висоті не більше 1,3 м від землі або підлоги.

Переносні сходи зазвичай мають пристрої, що запобігають при роботі можливості зрушення і перекидання, нижні кінці переносних сходів мають оковування з гострими наконечниками, а при користуванні ними на асфальтовій, бетонній і подібній полі використовуються черевики з гуми або іншого нековзного матеріалу. При необхідності верхні кінці сходів можуть мати спеціальні крюки.

При роботі з приставних сходів на висоті понад 1,3 м слід влаштувати подмости і видавати працюючим запобіжні пояси, прикріплені до конструкції споруди або до сходів за умови її кріплення до конструкції.

Роботи верхолазів при обстеженні будівель (на висоті більше 5 м від поверхні землі, перекриття або робітника настилу, виконувани з тимчасових монтажних пристосувань або безпосередньо з елементів конструкцій, устаткування, машин і механізмів при їх установці, монтажі, експлуатації і ремонті) робляться тільки фахівцями-верхолазами. Одним з основних засобів, що оберігає верхолаза від падіння з висоти в усі моменти роботи і пересування, є запобіжний пояс.

Роботи у безпосередній близькості від електричних кабелів і електроустановок в підвальних приміщеннях робляться тільки під безпосереднім спостереженням електромонтера.



У підвалах і на горищах відкривати люки, пересувати предмети, видаляти які-небудь підпори і т. п. нормами не допускається.

Технічними нормами і регламентами на проведення робіт не допускається також користуватися відкритим вогнем в радіусі менше 50 м від місця застосування і складування матеріалів, що містять легкозаймисті або вибухонебезпечні речовини.

Приміщення котлових, паливневих простори, газоходи і свиню перед обстеженням мають бути провітрені.

При технічному обстеженні будівлі не допускається: підніматися і спускатися по пожежних сходах, робити обстеження конструкцій і відбір проб матеріалів на висоті в приміщеннях недобудованих будівель, що не мають сходів, перекриттів, подмостей, настилів, драбин і обгороджувальних огорож, підніматися і спускатися по сходах і драбинах, що не мають обгороджувальних огорож або проходять біля відкритих отворів в стінах.

Особлива увага має бути приділена підйому і спуску по обмерзлим або засніженим сходах і драбинах і елементах каркаса недобудованої будівлі; небезпечно висовуватися в отвори, вставати на підвіконня при відкритих отворах, виходити на зовнішні поясочки, карнизи, балкони без обгороджувальних огорож, а також скидати з дахів, горища або з поверхів інструменти і які-небудь матеріали і вставати на уражені гнилизною будівельні конструкції або ходити по них.

Не допускається знаходитися в зоні навантажувально-розвантажувальних робіт і працювати на даху самостійно, виходити на дах під час грози, в ожеледь або при швидкості вітру понад 15 м/с; ходити по даху будівлі з ухилом більше 20° без запобіжного пояса і страхуючого каната, прикріпленого до надійної опори, при цьому робити без відповідних захисних пристроїв обслідувальні роботи в місцях, вище за яких на одній вертикалі виконуються будівельні або ремонтні роботи.

Знаходитися і працювати без відповідних захисних засобів в приміщеннях з шкідливими для здоров'я умовами, самовільно відкривати і спускатися в які-небудь ємності, колодязі, оглядові канали.

Роботу з електрифікованим інструментом і приладами необхідно проводити за правилами, викладеними в ДСТУ.

Кожен працівник зобов'язаний стежити за надійним станом використовуваного електрифікованого інструменту і устаткування, вимагаючи того ж і від усіх осіб, з ним працюючих.

Перед використанням нових електрифікованих інструментів і устаткування кожен виконавець повинен заздалегідь детально знайомитися з інструкціями з їх експлуатації і технікою безпеки.

У практичній діяльності слід враховувати, що працювати з електрифікованим інструментом з приставних сходів не допускається. При цьому роботи повинні здійснюватися з лісів або подмостей, які мають бути захищені перилами заввишки не менше 1 м і бортовою дошкою заввишки не менше 15 см

Електрифікований інструмент при перенесенні на інше місце і при перервах в роботі відключається від джерела енергії. Робота з ним під час дощу і снігопаду допускається на відкритих майданчиках тільки за наявності на робочому місці навісів і з обов'язковим застосуванням діелектричних рукавичок, галош, килимків, при цьому вкручувати і вивертати електричні лампи під напругою не допускається. У виняткових випадках, при неможливості відключити напругу, цю роботу повинен виконувати черговий електрик із застосуванням діелектричних рукавичок і захисних окулярів.

Підключення електроінструментів на об'єктах до електромережі робиться тільки черговим електриком.

Ломи, лопати, сокири, скарпели, пили, зубила, долота, шлямбури і інші інструменти містять в справному стані, а у пив і шлямбурів має бути відповідна розводка зубів.

Ручні пили, лопати, сокири, кувалди, молотки мають бути щільно насаджені на міцне руків'я, а руків'я сокир, кувалд, молотків виготовлені з деревини твердих порід і закріплені сталевими клинами. Поверхня руків'я має бути абсолютно гладкою, без ребер, кутів, задирок і інших нерівностей. Руків'я кувалд і молотків повинне мати потовщення до вільного кінця.

Ручний інструмент зберігається і перевозиться в спеціальних ящиках, що замикаються на замок, при цьому виконавці, що проводять розкриття бетонних підлог, залізобетонних конструкцій, проходку твердих ґрунтів і інші роботи, мають захисні окуляри з небиткими стеклами.

Робота в сирих або водонасичених ґрунтах проводиться в гумових чоботях.

Обмір і обстеження в приміщеннях, де встановлені газові прилади (устаткування), слід проводити при постійному провітрюванні приміщень (мають бути відкриті фрамуги, квартирки) згідно з «Правилами безпеки в газовому господарстві», які затверджені Держміськтехнаглядом.

Роботи по обмірах і обстеженнях ліфтового господарства об'єкту зазвичай проводяться у присутності технічного представника адміністрації, відповідального за справний стан і безпечну дію ліфтів, і при дотриманні вимог безпеки, викладених в «Правилах пристрою і безпечної експлуатації ліфтів», а механічне випробування слабкої фундаментної кладки щоб уникнути її раптових обвалів слід проводити, знаходячись вище за свідетельствуемого шар, при цьому обмір і обстеження фундаментів і огляд ґрунтів основи проводять тільки у присутності бурового майстра, що очолює бригаду робітників.

Обстеження штукатурки внутрішніх і зовнішніх стін, а також стель слід проводити із застосуванням лісів, подмостей, строповочного інвентаря.

Вирубубання бетону, зняття цементної штукатурки і облицювання при розкритті конструкцій повинні проводитися в захисних окулярах.

Підтримку і повороти шлямбура виконують за допомогою газового ключа, а шлямбур і кувалда при цьому повинні знаходитися в справному стані.

Під час пробивки наскрізних отворів в зовнішніх стінах зона можливого падіння осколків і шматків стіни має бути захищена, один з членів бригади тих, що обстежують повинен знаходитися зовні. При обстеженні кладки стін і стовпів ультразвуковими і іншими електричними приладами і шляхом свердління електродрилем і іншими електроінструментами необхідно проводити з дотриманням вимог електробезпеки, а обстеження дерев'яних перекриттів слід розпочинати з повсюдного огляду знизу (з боку стель) і збору відомостей про їх стан у мешканців, осіб технагляду та ін.

Розкриття перекриттів, пов'язані з механічними ударами, проводять після попереднього попередження людей, що проживають або працюючих в розташованому нижче поверсі.

Обстеження перекриттів, утеплених мінеральною ватою, необхідно проводити в захисних окулярах, марлевих пов'язках і халатах, а при безнакатних перекриттях вставати на підшивку категорично забороняється, слід обладнати настил по балках, що спираються на несні конструкції.

### 3.8 Висновки по розділу:

1. З приведенного аналізу виходить, що на величину додаткової теплоізоляції окрім кліматичних чинників, ГСОП, що регламентуються, дуже істотний вплив роблять такі економічні чинники, як вартості теплової енергії і теплоізоляції, а також розрахунковий термін окупності.

2. Що визначає конструкцію зовнішніх тришарових стін являється їх опір теплопередачі. Збільшення значень опору теплопередачі понад табульованих нормами мало позначається на товщині стін.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вивчення розвитку нормування теплозахисних властивостей зовнішніх захисних конструкцій показало, що останнім часом сталися істотні зміни в теплотехнічних нормах. Якщо раніше умовою, що визначає величину необхідного опору теплопередачі, було виконання гігієнічних вимог в приміщенні, то в сучасних нормах величина опору теплопередачі визначається умовами енергозбереження. Посилення вимог до теплозахисних властивостей стін докорінно відбилося на їх конструктивних рішеннях - одношарові конструкції замінені на багатошарові.
2. Аналіз сучасних підходів до проблеми енергозбереження показав, що визначення тепловтрат в річному циклі експлуатації пов'язане з рішенням складної системи різнорідних диференціальних рівнянь, що описує тепловий баланс будівель.
3. У основу алгоритму аналізу процесу нестационарної теплопередачі через багатошарові захисні конструкції, покладений метод «респонс - чинника». Проаналізована методика раціонального проектування конструкцій тришарових зовнішніх стін. Відповідно до цього визначається товщина додаткового (понад необхідне за гігієнічними вимогами) шару теплоізоляції залежно від її вартості і вартості теплової енергії при заданому (нормованому) терміні окупності витрат на додаткову теплоізоляцію.
4. Екстремальні кліматичні чинники не роблять істотного впливу на величину тепловтрат в річному циклі. Залежно від орієнтації будівлі по сторонах світу величина навантаження міняється в межах 3 %. Сонячна радіація істотно знижує опалювальне навантаження (до 20 %) в осінньо-весняний періоди.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ :

1. Абрамов Д.А. PAROC і вентилязовані фасадні системи, «Стіни і фасади» Інформаційний бюлетень № 3(8), 2000, с. 16-18
2. Ананьев А.И. Стан нормативної бази по проектуванню довговічних енергоекономічних будівель. «Житлове будівництво», № 4, 1998, с. 18-21.
3. Афанасьєва А.В. Оцінка заходів, що знижують енерговитрати зданий./ Московський інститут комунального господарства і будівництва, -М, 2001. - 7с.: -Деп. у ВИНТИ 11.05.2001 № 1214-В2001.
4. Ананьев А.И., Иванов Л.В., Комов В. М. Дослідження теплообміну зовнішніх цегляних стін житлових будівель і нормування теплозахисних якостей. Сб. докл. 5 науково-практичній конференції «Проблеми будівельної теплофізики, систем забезпечення мікроклімату і енергозбереження у будівлях» Москва, 2000, с. 17-23.
5. Андерсон Би. Сонячна енергія: (основи будівельного проектування) / Пер. з англ. А.Р. Анісімова; Під ред. Ю.Н. Малевського. - М.: Стройиздат, 1982. - 375с, мул. Переклад видавництва Solar energy fundamentals in building design/ Bruce N Anderson.
6. Беляев В.С. Підвищення теплозахисту зовнішніх конструкцій, що захищають. / Житлове будівництво. 1998. - № 3. - с. 22-26.
7. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектування енергоекономічних і енергоактивних цивільних будівель. - М.: Высш. шк., 1991, 178 с.
8. Блюм Д.В., Сошників А.Н. Проблеми підвищення теплозахисних властивостей, довговічності багат шарових конструкцій, що захищають. / Підвищення ефективності роботи залізничного транспорту Сибіру і Далекого Сходу. Збірка тез Доповідей 40 Всеросійською научно- практичною конференції. Хабаровськ, 1997. с. 56-57.
9. Богословський В. Н. Будівельна теплофізика, М., Вища школа, 1982, 415 с.
10. Богословський В. Н. Тепловий режим будівлі. М., 1979, 218 с.

11. Богословський В. Н. Три аспекти створення будівлі з ефективним використанням енергії. / АВОК. - 1998. - №3. с. 34-36, 39-41
12. Богословський В. Н., Сканава А.Н. Опалювання, М., Стройиздат, 1991, 425 с.
13. Богословський В. Н., Титов В. П. Повітряний режим будівель і облік воздухопроницання в розрахунку теплового режиму. - Научн.тр.МИСИ, 1967. вып. 52, с. 3-15.
14. Богословський В. Р. та ін. Кліматологічне забезпечення проектування і експлуатації будівель з ефективним використанням енергії, Тр.симпозіуму "Будівельна кліматологія", М., 1982, с. 18.
15. Богуславский Л. Д. Зниження витрати енергії при роботі систем опалювання і вентиляції. - 2-е видання, перероблене і доповнене. М.: Стройиздат, 1985, 336 с.
16. Богуславский Л.Д. Техніко-економічні розрахунки при проектуванні зовнішніх конструкцій будівель, що захищають. "Вища школа", 1969, 392 с.
17. Богуславский Л.Д. Економіка теплозахисту будівель. Стройиздат, 1970, 288 с.
18. Богуславский Л.Д. Економія теплоти в житлових будівлях. - М.: Стройиздат, 1990, 412 с.
19. Бондаренко В. М., Ляхович Л.С., Хлевчук В. Р. та ін. Про Нормативні вимоги до теплового захисту будівель. БСТ № 11 2001 р., с. 3-11.
20. Брдлик П. М., Кожин І.А., Петрова А.А. Наближене рішення задачі локального тепломасообмена на вертикальній пластині в умовах ламінарної змішаної конвекції. Изв. АН Турк.РСР, сер.физ.-тех., хим і гео.наук, 1973, з 3.
21. Быстров В. П. Тепловий режим зовнішнього обгороджування в умовах спрямованого потоку повітря, що фільтрується. Дисертація на соиск.учен. мірі канд.техн.наук. М., 1997
22. Вітрозахист з матеріалу "Тайвек" у багатошарових стінах і покриттях з теплоізоляцією з минераловатних плит і матів. Матеріали проектування.

Шифр М25.3/97, АТ ЦНИИПромзданий, М., 1997, 33 с.

23. Гагарін В. Г. Критерій окупності витрат на підвищення теплозахисту конструкцій, що захищають, в різних країнах. Доповіді п'ятої науково-практичної конференції НІИСФ РААСН 26-28 квітня 2001 р., с. 43-63.

24. Гурьев В. В., Хайнер С. П., Дмитрієва А.Н. та ін. Вплив деяких параметрів пористо-волокнистих утеплювачів на економічність теплозахисту зданий./ Промислове і цивільне будівництво. 1998. - № 5. - с. 53-55.

25. Дешко Э.Л. та ін. Модель стохастичних кліматичних дій для теплотехнического розрахунку зовнішніх конструкцій будівель, що захищають, із заданою вірогідністю. Тр.симпозіуму "Будівельна кліматологія", М., 1982, з 30.

26. Дмитрієв А.Н., Гурьев В. В. Підвищення опору теплопередачі конструкцій, що захищають, на прикладі московського будівництва. / Проблеми теорії і практики в інженерних дослідженнях.: Тр.33 Научн. конф. Російського Університету дружби народів (РУДН), Москва, 21-25 квітня 1997 р. — С. 17-19.

27. Дроздов В. А., Савін В. До., Александров Ю.П. Теплообмін у світлопрозорих конструкціях, що захищають. М., Стройиздат, 1979, 254 с.

28. Житов В. Г. Мікроклімат приміщення. Збірка тез доповідей першого регіонального науково-практичного семінару "Проблеми будівельного комплексу Іркутської області і шляху його вдосконалення". Іркутськ, Іркутський державний технічний університет, 7 березня 1999 р., с. 28-32.

29. Зманчинский А.В., Чорний Д.Е. Застосування методів математичної фізики до теорії теплопередачі. Навчальний посібник, Саратов, 1989, з 150.

30. Іванов Г. С. Нормування і рентабельність підвищення теплозахисту конструкцій, що захищають. «Житлове будівництво», № 1, 1944, стор. 8-12

31. Іванов Г. С. Слідами виступів. Вікна і двері, № 10(55), 2001, с. 28-33.

32. Іванов Г. С. Радикальне рішення проблеми енергозбереження в містобудуванні, «Стіни і фасади» Інформаційний бюлетень № 3(8), 2000, стор. 34-37



33. Іванов Г. С., Дмитрієв А.Н. Проблема енергозбереження у будівлях в теплотехнічному і економічному аспектах технічного нормування. «Промислове і цивільне будівництво», № 10, 1998, стор. 19-22
34. Іванов Г. С., Дмитрієв А.Н., Спиридонов А.В., Хромец Д.Ю. Радикальне рішення проблеми енергозбереження в містобудуванні на основі застосування нових конструкцій вікон. «Будівельні матеріали», 1999, № 10, стор. 9-12
35. Іванов І.А. Застосування ефективних теплоізоляційних матеріалів в конструкціях будівель, що захищають. Збірка тез доповідей науково-практичної конференції "Енергоресурсозберігання. Проблеми і шляхи їх рішення", Іркутськ, Іркутський державний технічний університет, 26 березня 1999 р., с. 68-69.
36. Ільїн Н.И., Лукманова И.Г. та ін. Управління проектами -СПб.;"Два - Три" 1996-610с.
1. Ильинский В. М. Будівельна теплофізика. М.: Вища школа, 1974, 319с.
37. Інструкція за визначенням економічної ефективності використання у будівництві нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій. СН 509-78 / Держбуд СРСР. М., Стройиздат, 1979, 65 с.
38. Калашников М.П. До питання моделювання теплопритоків через зовнішні огороження./ Опалювання, вентиляція і кондиціонування повітря : межвуз. темат. сб. тр. Л.:ЛИСИ, 1978. с. 131-134.
39. Коздоба Л.К. Обчислювальний експеримент і системний підхід в завданнях теплообміну. - Тепломассообмен ММФ- 92. Том 9. Частина 2, Мінськ, 1992 г, з 141-170.
40. Константинова В. Е. Розрахунок повітрообміну в житлових і громадських будівлях. М., Стройиздат, 1964, 145 с.
41. Конструкція вентилярованих фасадів. Проектні пропозиції. Шифр М
42. ПТ/2000-ПЗ А.О. ЦЕИИПромзданий М 2000.
43. Міхеєв М.А., Міхеєва І.М. Основи теплопередачі. М., 1973.

44. Науково-прикладний довідник по клімату СРСР. Серія 3. Багаторічні дані, Випуск 8, Москва і Моск. обл., Л., Гидрометеиздат, 1990.
45. Миколаєва І. Л. Фасадні системи в сучасному будівництві, «Стіни і фасади» Інформаційний бюлетень № 3(8), 2000, стор. 9-16
46. Осіпов Г. Л., Матросів Ю.А., Бутовский И.Н. Територіальні будівельні норми по теплозахисту будівель, БСТ № 8, 1999, с. 7-9
47. Посібник до СніП 2.01.01-82 «Будівельна кліматологія і геофізика»
48. Посібник до СніП II - 3-79 «Будівельна теплотехніка»
49. СніП 10-01-94 Система чинних нормативних документів у будівництві. Основні положення, 58с
50. СніП 2.01.01-82. Будівельна кліматологія і геофізика. Держбуд СРСР, М., 1983, 42 с.
51. СніП 2.04.05-86. Опалювання, вентиляція і кондиціонування. Держбуд СРСР, М., 1988, 52 с.
52. СніП 2.04.05-91\*. Опалювання, вентиляція і кондиціонування. / Держбуд РФ. - М. : ЦИТП Держбуду РФ, 1998, 64 с.
53. СніП 2.08.01-85. Житлові будівлі. Держбуд СРСР, М., 1986, 64 с.
54. ДСТУ б EN 15232:2011 Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями (EN 15232:2007, IDT)
55. СніП II - 3-79\* «Будівельна теплотехніка» М., ЦИТП Держбуд СРСР, 1982, 45 с.
56. СніП II - 3-79\*\* "Будівельна теплотехніка", М., 1986.
57. Хромец Ю.Н., Афанасьєва А.В. Методи визначення раціональної теплоізоляції зовнішніх стін зданий./ Московський інститут комунального господарства і будівництва, -М, 2002. -8с.: -Деп. у ВІНИТИ 31.01.2002 № 196 - В2002.
58. Хромец Ю.Н., Афанасьєва А.В., Афанасьєв А.В., Пичугин А.Г. Використання методу «респонс - чинник» при розрахунку теплового режиму зданий./ Московський інститут комунального господарства і будівництва, -

М, 2001. -6с.: -Деп. у ВИНІТИ 17.12.2001 № 2601-В2001.

59. Шкловер А.М., Васильєв Б.Ф., Ушков Ф.В. Основи будівельної теплотехніки житлових і громадських будівель, М., Стройиздат, 1956., 442 з

60. Frangondakis A., Konig N".Die numerische Simulation als Ergänzung warmetechnischer Experimente", Haustechnik Bauphysik Umwelttechnik, 1982, N 6, S/ 26-29/.

61.ДБН В. 2.6-31:2006 "Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель", Київ

62. Фокін К.Ф. Будівельна теплотехніка частин будівель, що захищають. М., Стройиздат, 1973, 287 з

63. ДСТУ б EN 15232:2011 Енергоефективність будівель. Вплив

автоматизації, моніторингу та управління будівлями (EN 15232:2007, IDT)

64. ДБН В. 2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель [Текст]. - На заміну СНиП II - 3-79 ; чинні від 2007-04-01. - До. : Мінбуд України, 2006. - 64 с.

65. ДСТУ-Н Би В. 1.1-27:2010. Будівельна кліматологія [Текст]. - Скасовує СНиП 2.01.01-82 і таблицю 2ДСТУ+Н Би А.2.2-5:2007 ; чинний від 1 листопада 2011 року. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. - 136 с.

66. Вентилювання приміщень/[С. С. Жуковський, О. Т. Возняк, О. М. Довбуш, З.С. Люльчак].: Львівська політехніка, 2007. - 476с.

67. В. В. Зорин, И.В. Недінів, Н.Н. Федосенко, Про вибір схем розподільних мереж - М.: Энергоиздат, 1987- 5с

68. European Parliament. 2010. Directive 2010/31/EC of The European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings // Official Journal of the European Union n. 153 of the 18 Juny 2010.

69. Мазуренко А.С.. Розробка схеми комбінованої системи теплопостачання з використанням сезонної акумуляції тепла від геліосистем /Мазуренко А.С.,

Климчук А.А., Юрковский С. Ю., Омеко Р. В.//Східно-європейський журнал передових технологій.№8 (73).2015.С. 17-20.

70. Бедов, А.И. Застосування комп'ютерного моделювання при оцінці напружено-деформованого стану несних конструкцій будівель з кам'яної кладки[Текст]/ А.И. Бедов, А.И. Габитов, А.А. Галлямов, А.С. Салов, А.М. Гайсин// International Journal for Computational Civil and Structural Engineering.- 2017.-№1 .-С. 42-49.

71. Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2022. 437 с.

## Рецензія

здобувача рівня вищої освіти «магістр»

Ель Хайуні Яссін  
(П.І.Б.)

Кваліфікаційна робота на тему: «Енергоефективність зовнішніх стін при проектуванні будівель»

Кваліфікаційна робота магістра виконана згідно до завдання відповідає темі,  
(не) згідно не (відповідає)

містить мультимедійну репрезентацію листів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 91 сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) Тема магістерської роботи є актуальною тому що значно розширився асортимент штучно створюваних будівельних матеріалів з великими діапазонами різних фізичних властивостей. У цих умовах при проектуванні будівель виникла необхідність не лише забезпечити їх міцність, але і створити необхідні для мешкання людини комфортні параметри мікроклімату в приміщеннях різного призначення.

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки)

У кваліфікаційній роботі наведено аналіз впливу на загальні тепловтрати їх складових по видах теплоспоживання.

Наукова цінність роботи одержаних результатів полягає в наступному: результати вивчення сучасних конструктивних рішень зовнішніх стін встановлена залежність між вартістю заощадженої енергії і витратами на відповідне підвищення їх теплоізоляційних властивостей.

3. Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу)

Магістерська робота виконана за допомогою сучасних комп'ютерних технологій. Усі розділи магістерської роботи оформлені згідно норм та відповідають вимогам, що висуваються до магістерських робіт. Розділи взаємозв'язані один з одним, чітко та технічно грамотно оформлені. Науковий стиль викладення матеріалу – виконано у повному обсязі та відповідає вимогам, що висуваються до магістерської роботи.

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко - економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи) \_\_\_\_\_

Практичне значення одержаних результатів полягає в результаті виконаних досліджень розроблені пропозиції за методикою нормування параметрів теплоізоляції зовнішніх стін житлових і громадських будівель.

5. Недоліки кваліфікаційної роботи магістра: бажано було навести більш детально огляд вплив вартості теплової енергії і теплоізоляційних матеріалів на ефективність рішень. Приведене зауваження не впливає на якість виконання роботи.

6. Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана (ний) на відповідальному рівні і заслуговує оцінки:

кількість балів 90

за національною шкалою Відмінно

за шкалою ЄКТС A

Рецензент доцент кафедри міського будівництва і архітектури

Запорізького національного університету

(посада, місце роботи)

  
(підпис)

Савін В.О.  
(П.І.Б.)



## ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи

здобувача рівня вищої освіти «другий (магістерський)»

Ель Хайуні Яссін  
(П.І.Б.)

Кваліфікаційна робота на тему: «Енергоефективність зовнішніх стін при проектуванні будівель».

Викона згідно до завдання, відповідає темі, містить 32 листа  
(не) згідно (не) відповідає  
графічного матеріалу і пояснювальну записку з 91 сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією) \_\_  
Актуальність обраної теми обумовлена тим, що проблема економії енергоресурсів, і, в першу чергу непоновлюваних, стає усе більш актуальною. У загальному об'ємі енерговитрат значну долю складають енерговитрати на експлуатацію будівель. Тому вдосконалення нормативної бази, що регламентує теплоспоживання будівель в процесі їх експлуатації є безумовно актуальним.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багатоваріантності) \_\_\_\_\_  
- У кваліфікаційній роботі наведено результати вивчення сучасних конструктивних рішень зовнішніх стін встановлена залежність між вартістю зекономленої енергії і витратами на відповідне підвищення їх теплоізоляційних властивостей.

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр» \_\_\_\_\_  
відповідає прийнятим вимогам

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач на достатньому професійному рівні

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень виконано у повному обсязі та відповідає вимогам

6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у

роботі кваліфікаційна робота магістра виконана за допомогою сучасних комп'ютерних технологій та сучасних нормативних документів

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів оформлено згідно норм та стандартів

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи дотримано

9. Наукова цінність роботи, практична значимість \_\_\_\_\_

Наукова цінність роботи одержаних результатів полягає в наступному: в результаті вивчення сучасних конструктивних рішень зовнішніх стін встановлена залежність між вартістю заощадженої енергії і витратами на відповідне підвищення їх теплоізоляційних властивостей.

Практичне значення одержаних результатів: визначається дослідженнями зовнішніх стін, які дозволили встановити можливі межі зміни їх долі в загальних розмірах теплоспоживання будівель.

10. У кваліфікаційній роботі магістра можна відмітити такі недоліки: \_\_\_\_\_

Як побажання слід висловити наступне: бажано було б більш детально розглянути нормування параметрів теплоізоляції зовнішніх стін громадських будівель, але приведені зауваження не впливає на якість виконання роботи.

Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана на відповідальному рівні і при відповідному захисті заслуговує на оцінку:

кількість балів 90 національною визначено ЄКТС A

Керівник

к.т.н., доцент  
(посада, науковий ступінь)

[підпис]  
(підпис)

Банах А.В.  
(ПІБ)