

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА

Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки

БАКУН ВАЛЕНТИН АНДРІЙОВИЧ

ВІДНОВЛЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ
СТІН БУДИНКІВ, ЩО РЕКОНСТРУЮЮТЬСЯ

192 Будівництво та цивільна інженерія
за освітньо-професійною програмою «Промислове та цивільне будівництво»

магістр

2018

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи ступеню магістра Бакуна Валентина Андрійовича, студента групи 192М-17-1 спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» НТУ «Дніпровська політехніка» на тему: «Відновлення теплотехнічного захисту зовнішніх стін будинків, що реконструюються»

Пояснювальна записка містить 88 сторінок тексту, 28 рисунків, 4 таблиці, 61 літературне джерело.

Метою дослідження є отримання теплотехнічних характеристик конструкції для внутрішнього утеплення огорожувальних стінових конструкцій, що відповідають актуальним вимогам для теплової ізоляції житлових будинків.

Об'єкт дослідження – тепла ізоляція будівель.

Предмет дослідження – енергозберігаючі фасадні конструкції житлових будівель із застосуванням способу внутрішнього утеплення.

У першому розділі виконано аналіз літературних джерел, щодо шляхів підвищення рівня теплового захисту будівель і розв'язання проблеми енергозбереження. Виконано порівняння нормативних документів України та країн Європи.

У другому розділі наведені особливості розрахунків термічних та вологісних характеристик будівельних та огорожувальних конструкцій. Виконано порівняння двох варіантів утеплення зовнішніх стін. Визначені основні недоліки внутрішнього варіанту утеплення та сформульовані основні завдання, щодо проектування конструкції внутрішнього утеплення.

У третьому розділі запропоновано конструкцію панелі для внутрішнього утеплення будинків. Визначена кількість шарів, їх призначення та уточнені їх розміри. Отримано оцінку економічної ефективності застосування запропонованих утеплюючих панелей і термін окупності.

В четвертому розділі розглянуто питання, щодо відновлення теплотехнічного захисту будівель. Дослідження виконані для житлової п'ятиповерхової будівлі, яка реконструюється. В розділі наведені залежності теплових витрат від опору теплопередачі конструкції утеплення, наведені дані про витрати матеріалів та визначений термін окупності

Ключові слова: теплозахист приміщень, утеплення зовнішніх стін, теплотехнічний розрахунок, утеплюючі панелі, внутрішнє утеплення.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 ДЕЯКІ ПИТАННЯ ТЕПЛОЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ.....	6
1.1. Огляд літератури	6
1.1.1. Шляхи вирішення проблеми енергозбереження в підвищенні рівня теплового захисту будівель.....	6
1.1.2. Вимоги до рівня теплозахисту будівель в зарубіжних країнах і в нашій країні.	9
1.2. Застосування багатошарових огорожувальних конструкцій	13
1.2.1. Типи багатошарових огорожувальних конструкцій.	13
1.2.2. Переваги та недоліки багатошарових огорожувальних конструкцій.....	16
1.3. Утеплювачі, що застосовуються для теплового захисту огорожувальних конструкцій будівель.....	20
1.4. Висновки по розділу 1	25
РОЗДІЛ 2 ВОЛОГІСНИЙ РЕЖИМ ЗОВНІШНІХ СТІН СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬ.....	26
2.1. Вплив вологості на термічні властивості будівельних огорож.....	26
2.2. Вологісна характеристика та термічні властивості зовнішнього утеплення	33
2.3. Вологісна характеристика внутрішнього утеплення	36
2.4. Особливості розрахунків з урахуванням вологості будівельних огорож.....	37
2.5. Відомості про вологісний режим зовнішніх огорож.....	41
2.6. Висновки по розділу 2	41
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ УТЕПЛЮЮЧОЇ ПАНЕЛІ	43
3.1. Обґрунтування і особливості пристрої панелі	43
3.2. Конструкція панелі	45
3.3. Розрахунок теплового режиму стінового огороження.....	47

3.3.1. Визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальної конструкції.....	47
3.4. Оцінка економічної ефективності і термінів окупності розробленої конструкції утеплювальні панелей для зовнішніх огорож будівель	51
3.4.1. Економічні передумови застосування додаткового утеплення. 51	
3.4.2. Оцінка економічної ефективності і визначення терміну окупності розроблено конструкцію внутрішніх утеплювальні панелей.....	56
3.5.Висновки по розділу 3	59
РОЗДІЛ 4 ВІДНОВЛЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ СТІН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ УТЕПЛЮЮЧИХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ	61
4.1. Способи утеплення будинків	61
4.2. Вплив повітряних прошарків у зовнішніх огорожень на теплову ефективність будівлі	62
4.3. Внутрішнє і зовнішнє утеплення будинків	63
4.3.1. Системи зовнішньої теплоізоляції будівель.	64
4.3.2. Системи внутрішньої теплоізоляції будівель.	71
4.4.Характеристики реконструюємого будинку	76
4.5. Теплотехнічний розрахунок для огорожуючої стінової конструкції обраного об'єкту.....	77
4.6. Висновки по розділу 4	80
ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

ВСТУП

Актуальність теми. Одним з головних напрямків в області будівництва України є енергозбереження. Існує декілька шляхів вирішення цієї проблеми. Одним з таких шляхів є утеплення фасадних конструкцій теплоізоляційними матеріалами. Недосконалість конструктивних рішень зовнішніх огорожувальних конструкцій є причиною великої витрати енергоресурсів, що інколи веде до величезних тепловтрат і досягає до 80% всіх тепловтрат будівлі. З них до 65% через стіни, горища і підлоги та 33% через вікна і двері. Поліпшення теплозахисних якостей стінових огорожувальних конструкцій полягає в збільшенні їх опору теплопередачі до нормативних значень, що діють в даний час.

При улаштуванні додаткового утеплення стін існує два основні способи його розташування: із зовнішньої або з внутрішньої сторони стіни. Обидва варіанта вимагають проведення спеціальних теплотехнічних розрахунків, щоб утеплююча конструкція мала ефективний теплозахист і сприятливий температурно-вологісний режим з санітарно-гігієнічної точки зору.

Внутрішній теплозахист поверхні стіни існуючих будівель інколи є єдиним можливим варіантом, наприклад коли не можна міняти зовнішність будівель з складними фасадами, або фасади історичних будівель що представляють художню цінність. При варіанті внутрішнього утеплення проведення робіт по улаштуванню теплозахисту може проводитись у будь-яку пору року, при цьому, на відміну від систем зовнішнього утеплення, не потрібні засоби улаштування будівельного риштування. Спостерігається значне зниження вартості реконструкції і термінів її виконання в порівнянні із способом зовнішнього утеплення

Застосування внутрішнього утеплення напряму пов'язане з проблемою реконструкції існуючого житлового фонду, наприклад житлових будинків забудови 1950-1960-х років. Сьогодні при енергетичній кризі, що спостерігається в Україні мешканцям будинків потрібні ефективні варіанти

доступного утеплення приміщень. Це завдання можна вирішити шляхом розробки і впровадження ефективних енергозберігаючих конструкцій варіантом внутрішнього утеплення. Вибрана тема магістерської роботи сприяє вирішенню актуальної для України проблеми енергозбереження, одному з найважливіших напрямів технічної політики в області будівництва.

Метою дослідження є отримання теплотехнічних характеристик конструкції для внутрішнього утеплення огорожувальних стінових конструкцій, що відповідають актуальним вимогам для теплової ізоляції житлових будинків.

Задачі дослідження: провести розрахунок температурно-вологісного режиму огорожувальних конструкцій для поширених житлових будівель у м. Дніпро.

Запропонувати нові конструктивні способи внутрішнього утеплення огорожувальних конструкцій і виявити раціональні існуючі варіанти утеплення.

Створити конструкцію утеплюючої панелі для внутрішнього утеплення огорожувальних стінових конструкцій, виявлення її теплотехнічних показників та економічної ефективності

Провести розрахунки для розроблених конструктивних рішень на реальних об'єктах житлових будівель.

Об'єкт дослідження – тепла ізоляція будівель.

Предмет дослідження – енергозберігаючі фасадні конструкції житлових будівель із застосуванням способу внутрішнього утеплення.

Методи дослідження – аналітичні і чисельні методи вирішення завдань будівельної фізики – теплопровідності.

Наукова новизна роботи:

Розроблені нові конструктивні рішення внутрішнього утеплення огорожувальних конструкцій і виявлені раціональні існуючі варіанти утеплення з урахуванням нових утеплювачів і захисних мембран.

Розроблено способи відновлення теплоізоляції експлуатованих огорожувальних конструкцій в житлових будівлях. Показана доцільність застосування конструктивних рішень внутрішнього утеплення на прикладах збільшення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій в житлових будинках м. Дніпро.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що конструктивні рішення дозволяють підвищити ресурс фасадних систем при реконструкції житлових будівель.

Публікації. Деякі частини дослідження публікувалися на наступних конференціях

«Форум гірників 2018» Теплотехнічний огляд будівельних матеріалів та їх властивостей. В.А. Бакун, В.Є. Волкова НТУ «Дніпровська політехніка» Україна.

«Молодь: наука та інновації» Утеплення історичних будівель зі збереженням фасаду. В.А. Бакун, В.Є. Волкова НТУ «Дніпровська політехніка» Україна.

Структура і обсяг роботи: магістерська робота складається зі вступу, 4 розділів, що включають теоретичну і розрахункову частини, висновків та списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ТЕПЛОЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ

1.1. Огляд літератури

1.1.1. Шляхи вирішення проблеми енергозбереження в підвищенні рівня теплового захисту будівель.

Перший досвід реалізації рішень по теплозахисту будівель поставив ряд питань перед конструкторами, виробниками і постачальниками будівельних матеріалів і виробів. В даний час немає чітких, перевірених часом конструктивних рішень утеплення стін. Зрозуміло, що рішення проблем теплозахисту простим збільшенням товщини стін не доцільно ні з економічної, ні з естетичної точок зору. Так, товщина цегляної стіни при виконанні всіх вимог може досягати 180 см, а товщина стін із залізобетону повинна бути тоді не менше 2,3 м. Тому слід шукати рішення в застосуванні композиційних конструкцій стін з використанням ефективних теплоізоляційних матеріалів. Наприклад, при несучій стіні з залізобетону товщиною 0,25 м досить застосувати плиту з коефіцієнтом теплопровідності $0,047 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ товщиною всього 0,12 м, та загальне термічний опір, що дорівнює $3,2 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, буде забезпечено. У цьому випадку товщина стіни складе всього 0,37 м замість 6 м.

Про низьку енергоефективності вітчизняних огороджувальних конструкцій можна судити по трансмісійним тепловтратам: на їх частку припадає до 80% загальних тепловтрат будівлі, 20% складають тепловтрати від повітрообміну тощо [46].

Як видно з таблиці 1.1, одношарові зовнішні стіни за умовами енергозбереження можуть мати надмірно велику товщину, особливо для 2 етапу проектування і будівництва. Що стосується одношарових легкобетонних панелей покриттів, то їх товщина буде ще більше, оскільки величина опору

теплопередачі за умовами енергозбереження $R_{\text{пр-ен}}$ конструкцій покриттів перевершує аналогічну величину для зовнішніх стін.

Результати теплотехнічного розрахунку товщини одношарової зовнішньої стіни (табл.1.1)

Таблиця 1.1

Результати теплотехнічного розрахунку

Конструктивні шари панелі	Щільність кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності Вт/(м*°C)	Загальна товщина зовнішньої стіни, що визначається за умовами:		
			$R_0 \geq R_{0 \text{ тр}}$	$R_{0 \text{ пр}} \geq R_{0 \text{ ен пр}}$	
				1 етап	2 етап
Керамзитобетон	1000	0,33			
Пінополістирол	40	0,041	0,25	0,3	0,4
Керамзитобетон	1000	0,33			

У Західній Європі і США багато виробників будівельних матеріалів займаються розробкою теплоізоляційних технологій. Проблема теплоізоляції настільки важлива, що в деяких країнах Європи, наприклад в Німеччині, ще на початку 80-х років були прийняті постанови про обов'язкову теплозахисту будівель.

Теплоізоляція вже давно стала проблемою державної ваги, адже зменшення тепловтрат - це пряма економія енергії. В даний час в Україні склалися передумови до того, щоб питаннями теплоізоляції почали займатися всі будівельні організації та фірми. Передумови ці полягають у наступному.

Постійно підвищуються ціни на енергоносії. Складається ситуація, коли дешевше стає вкладати гроші в технології економії енергії, ніж купувати нафту, газ, вугілля.

В даний час тепла енергія стала однією з найважливіших цінностей. Економія енергії є зараз найбільшим з усіх існуючих енергетичних ресурсів. При цьому серед найбільш ефективних способів енергозбереження слід вказати добре розроблену теплозберігаючу конструкцію.

Правильність теплоенергетичної конструкції не тільки забезпечує економію енергії. Її ефективність значно вище, так як вона дозволяє захистити і саму будівлю. Вона дозволяє також впливати на рівень вологості і температури таким чином, щоб створити комфортний внутрішній клімат, не залежно від того, для якої мети було спроектовано будинок.

Доведено, що збільшення опору теплопередачі зовнішніх стінових панелей на 15% призводить до зменшення витрат теплової енергії на опалення будівель на 7 - 9% [1].

Одним з напрямків зменшення вартості експлуатації житлового фонду є використання ефективних, з високим коефіцієнтом опору теплопередачі, конструкцій зовнішніх стін в будівлях різного призначення.

В основу теплотехнічного проектування огорожуючих конструкцій будівель за кордоном і в нашій країні до енергетичної кризи 70-х років був покладений принцип санітарно-гігієнічної придатності до експлуатації, згідно з яким температура на внутрішній поверхні огороження для запобігання випаданню конденсату не повинна опускатися нижче точки роси для промислових будівель [50], а для цивільних будівель температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні зовнішніх стін не повинен був перевищений за $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ [54]. Головна увага приділялася скорочення капітальних витрат на будівництво, зниженню матеріаломісткості. Вартість опалення не враховувалася в зв'язку з низькими цінами на паливо і електроенергію. Необхідний опір теплопередачі огорожень в залежності від кліматичної зони знаходилося в межах $0,6 - 1,5\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Аналіз структури і потенціалу енергозбереження в будівництві житлових і громадських будівель показав, що найбільший ефект енергозбереження може бути отриманий від підвищення теплозахисту огорожувальних конструкцій.

Архітектурно-планувальні засоби енергозбереження.

В результаті проведених досліджень експлуатаційних характеристик масових серій житлових будинків, побудованих за типовими проектами за 40 років, показано, що середні значення питомої витрати тепла на опалення зросли з 66 - 85 Вт/м² в 5-поверхових будинках, до 80 - 100 Вт/м² в будівлях підвищеної поверховості, що відповідає опору теплопередачі стін $R_{тр} = 1,25 - 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Встановлено також, що тепловтрати через стіни складають 36% від розрахункової витрати тепла на опалення, через вікна - 24%, підлогу 1-го поверху - 2%, стеля верхнього поверху - 1%, з інфільтруються через віконні прорізи повітрям - 37% .

У зв'язку з тим, що переважна більшість експлуатованих в нашій країні будівель було побудовано за старими будівельним нормам без урахування економії енергоресурсів, гостро постало питання про зниження витрати енергії за рахунок поліпшення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій на основі застосування систем додаткової теплоізоляції.

1.1.2. Вимоги до рівня теплозахисту будівель в зарубіжних країнах і в нашій країні.

Економічний підхід до теплозахисної оцінки огорожувальних конструкцій знайшов відображення в нормах і стандартах розвинених зарубіжних країн і нашої країни: вимоги до рівня теплозахисту посилилися, це призвело до зниження енергоспоживання.

У Франції до 1973 р будівлі характеризувалися порівняно низьким рівнем теплозахисту. З 1973 р по 1976 р мінімально допустимий опір теплопередачі зросла приблизно вдвічі. У нормах 1982 році була поставлена задача зниження енергоспоживання будівель на 25%, в нормах 1989 року ще на 25% [41].

При порівнянні стандартів США також спостерігається підвищення вимог до енергозбереження. Так, стандарт 1988 р ASHRAE 90.1P в порівнянні з попереднім стандартом 1985 намітив зниження енергоспоживання будівель на 16%, стандарт 1985 р порівнянні зі стандартом 1975 на 50%. З 1973 по 1986 р річне енергоспоживання будівель в США знизилося з 3,4 до 2,6 млрд. т

умовного палива [41]. За нормами Великобританії 1989 р. вимоги до рівня теплозахисту стін будівель підвищилися на 25%, нормований коефіцієнт теплопередачі стін склав $0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$ [42].

За рівнем теплозахисту в даний час лідирує Швеція, де, незважаючи на суворий клімат, енергоспоживання житлових будівель приблизно в 1,5 рази нижче, ніж в інших країнах [42].

Слід зазначити, що в зарубіжному будівництві широко практикується перевищення нормативного рівня теплозахисту і доведення його до оптимально рекомендованого. Підраховано, що така «сверхізоляція» економічно виправдана. Наприклад, в Австрії при нормованій теплоізоляції щорічні витрати на опалення односімейного будинку складають 12-34 тис. Шилінгів, при підвищеній теплоізоляції 3,5 - 5,5 тис. Шилінгів. Додаткові витрати на пристрій теплоізоляції складають 6 - 7% від загальних капітальних витрат і повністю амортизуються через 6-7 років за рахунок енергозбереження. Крім того, підвищення рівня теплоізоляції впливає на довговічність будівлі: термін експлуатації збільшується з 25 до 40 років, що призводить до економії коштів на ремонт будівлі. Пристрій підвищеної теплоізоляції для вже експлуатованих будівель вимагає кілька вищих додаткових витрат, ніж при новому будівництві. Час амортизації додаткових витрат в цьому випадку становить 8 - 12 років. Ще більш значний економічний ефект досягається при введенні підвищеної теплоізоляції багатоповерхового житлового будинку: щорічні витрати на опалення знижуються в кілька разів [41].

Практика підвищеної теплоізоляції широко застосовується в скандинавських країнах - Швеції, Фінляндії, а також в Німеччині, Франції та ін. У Франції, наприклад, введена державна програма НРБ, заохочує ініціативу будівельних фірм з енергозбереження. При зниженні енергоспоживання на 25 - 34% в порівнянні з необхідними нормами 1982 р. будівлі привласнюють дві зірочки якості, при зниженні на 35 - 44% - три зірочки, на 45% і більше - чотири зірочки [41]. Найбільш високих результатів досягають при використанні всіх можливих способів заощадження тепла: від підвищення теплоізоляції стін,

перекриттів, світлопрозорих огорожень до пасивного використання сонячної енергії та енергії внутрішніх джерел тепла.

За кордоном проблема енергозбереження вирішується глобально, шляхом зниження енергоспоживання всіх будівель, як будуються, так і існуючих. Такий підхід закріплений нормами і реалізується на практиці. Для нового будівництва та реконструкції існуючих будівель розробляється безліч енергозберігаючих рішень із застосуванням багатошарових конструкцій. Частка багатошарових стінових конструкцій, вироблених в Данії, становить 60%, в Швеції - 80%, у Фінляндії - 90%, в Угорщині та Югославії - 95%, в Норвегії - 100% [42]. У новому будівництві застосовують індустріальні конструкції: тришарові панелі з гнучкими зв'язками, тришарові блоки та ін. Для фонду існуючих будівель, а також частини нових, що зводяться з цегли, каменю, залізобетону, розробляються системи додаткової теплоізоляції.

В результаті проведення енергозберігаючої економічної політики за останні 10 років в 15 розвинених капіталістичних країнах досягнуто скорочення енергоспоживання на експлуатаційні потреби будівель на 20% на м підлоги [42]. Економії енергії передбачено приділяти увагу і в майбутньому, так як це є статтею підвищення національного багатства і сприяє вирішенню проблеми збереження навколишнього середовища.

У нашій країні з 2017 року набрав чинності новий нормативний документ «Теплова ізоляція будівель ДБН 2.6-31:2016» Виходячи з нововведень, територія України знаходиться тепер в двох кліматичних зонах, кожна з яких має погодні умови, характерні тільки для неї, а саме мінімальна та максимальна температура і різна вологість. Щоб самостійно і правильно розрахувати товщину утеплювача і несучих стін необхідно враховувати ці значення.

Уведений у дію з 01.05.2017 року ДБН В 2.6-31-2016 «Теплова ізоляція будівель» змінив підходи до визначення класу енергетичної ефективності будинку у порівнянні з ДБН В 2.6-31-2006. Він визначається вже не за питомими тепловитратами на опалення будинків, а за річною енергопотребою будівлі у опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні.

Ще однією принциповою відмінністю є застосування системного принципу проектування за вимогами до енергоефективності будівлі. Вимоги до опору теплопередачі елементів теплоізоляційної оболонки будівлі є альтернативними до системного принципу проектування огорожувальних конструкцій. При застосуванні системного принципу проектування за вимогами до енергоефективності будівлі вимоги до показників мінімально допустимої температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, температурного перепаду між температурою внутрішнього повітря і наведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, вологісного режиму, повітропроникності огорожувальної конструкції, показників теплостійкості перевіряються обов'язково

До введення поправок до будівельних норм у вітчизняній індустрії переважав випуск одношарових стінових панелей з легкого бетону над випуском багатошарових з ефективним утеплювачем, а питання виробництва систем додаткової теплоізоляції одношарових кам'яних конструкцій взагалі не підлягав розгляду. На частку легкобетонних конструкцій припадало 70% обсягу випущених панелей. Причому, в більшості випадків (до 80%) вони не задовольняли вимогам діючих на той час норм через підвищену (на 10 - 15%) щільності керамзитобетону [42]. З усього обсягу випущених багатошарових панелей панелі найбільш передової конструкції - з гнучкими зв'язками становили лише невелику частину.

Слід зазначити, що одношарові зовнішні огороження доцільно використовувати при проектуванні в тих випадках, коли це не призводить до значного збільшення їх матеріаломісткості (райони будівництва з відносно невеликими значеннями ГСОП, виробничі будівлі з сухим і нормальним режимом експлуатації і т.д.). Однак нові, більш високі вимоги до рівня теплозахисту будинків значно обмежують сферу застосування одношарових огорож і спонукають проектувальників до використання в проектах більш ефективні багатошарові огорожувальні конструкції.

1.2. Застосування багатошарових огорожувальних конструкцій

1.2.1. Типи багатошарових огорожувальних конструкцій.

В даний час в усьому цивілізованому світі актуальна тенденція переходу на ефективні багатошарові конструкції зовнішніх огорожень.

Теплова ефективність багатошарової (тришарової) конструкції визначається, перш за все, правильним підбором виду, розміру і розташування теплопровідних зв'язків, а не збільшенням товщини утеплювача, оскільки при розробці гнучких зв'язків стінових конструкцій необхідно прагнути до зменшення діаметра металевих зв'язків. Це потрібно не тільки для економії металу, але, в основному, і для зниження непотрібних тепловтрат, обумовлених наявністю таких зв'язків.

У процесі опрацювання конструктивного рішення багатошарового огороження необхідно враховувати, що послідовність розташування конструктивних шарів різної щільності впливає на вологісний режим, теплову інерцію, характер загасання амплітуди коливання температури в товщі конструкції і на її теплоакумулювальні властивості. Останні враховуються при виборі огорожувальних конструкцій будівлі, які можуть використовувати енергію навколишнього природного середовища [51].

Значного зменшення тепловтрат в будівлі можна досягти, використовуючи в проектах такі конструктивні рішення зовнішніх огорожень, які б забезпечували високий рівень герметичності конструкцій і їх стикових з'єднань, особливо в районах з сильними зимовими вітрами, а також допустимий стан вологості матеріалу [52].

Чіткий поділ несучої і теплоізолюючої функцій по конструктивним шарам дозволяє використовувати в багатошарових огорожах ефективний утеплювач низької щільності. Істотне зростання рівня теплозахисту в цих конструкціях може бути забезпечений за рахунок незначного збільшення товщини ефективного утеплювача, що має малу величину коефіцієнта теплопередачі ($\lambda = 0,04 \dots 0,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ \text{C})$).

Таблиця 1.2

Теплотехнічний розрахунок

Конструктивні шари панелі	Щільність кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності Вт/(м · °С)	Загальна товщина зовнішньої стіни, що визначається за умовами:		
			$R_0 \geq R_{0\text{тр}}$	$R_{0\text{пр}} \geq R_{0\text{ен пр}}$	
				1 етап	2 етап
Керамзитобетон	1000	0,33			
Пінополістирол	40	0,041	0,25	0,3	0,4
Керамзитобетон	1000	0,33			

Порівняння результатів розрахунку, наведених в таблицях 1.1 і 1.2, показує, що застосування ефективного утеплювача успішно вирішує завдання значного підвищення рівня товщини огорожувальних конструкцій без помітного збільшення їх ваги і витрати енергоємних матеріалів. Дійсно необхідний опір теплопередачі в розглянутій багатошаровій конструкції огорожі досягнуто завдяки лише незначного потовщення шару найлегшого теплоізоляційного матеріалу, що вимагає в порівнянні, наприклад, з керамзитобетону або глиняним цеглою набагато менших витрат енергії на своє виготовлення, транспортування та монтаж .

Перехід на виробництво енергоефективних огорожуючих конструкцій зажадав внесення істотних коректив в практику їх проектування і виготовлення.

Говорячи про панельних конструкціях, слід зазначити, що новим теплотехнічним вимогам повною мірою відповідають тільки тришарові панелі з гнучкими зв'язками, або в окремих випадках з залізобетонними шпонками. На першому етапі в деяких регіонах (з ГСОП <4600) можуть при відповідному обґрунтуванні застосовуватися тришарові панелі з легкобетонних ребрами. При цьому, як правило, товщина панелі повинна відповідати 400 - 450 мм [23].

Тришарові панелі з гнучкими зв'язками товщиною 450 мм мають приведений опір теплопередачі в разі використання важкого бетону до $4 \text{ (м}^2 \cdot \text{° C)}/\text{Вт}$ [31].

Істотно змінюється конструкція зовнішніх стін з цегли. За нашими даними, колодцевая кладка цегляних стін товщиною 770 мм при використанні утеплювача з $\lambda = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{° C})$ забезпечує наведений термічний опір теплопередачі не більше $2,85 \text{ (м}^2 \cdot \text{° C)}/\text{Вт}$, т. е. задовольняє для більшості регіонів тільки вимогам першого етапу. При цьому товщина внутрішнього шару, що несе становить 380 мм. Для другого етапу впровадження така стіна придатна для використання тільки при ГСОП <4500 , що відноситься тільки до південних регіонів країни. Аналогічна шарувата цегляна стіна з гнучкими зв'язками забезпечує теплозахист, рівну $5,05 \text{ (м}^2 \cdot \text{° C)}/\text{Вт}$, що досить практично для всіх регіонів України. Однак несучі шаруваті цегляні стіни можуть застосовуватися тільки в будинках висотою не більше 4-5 поверхів. Тому в багатоповерхових будинках необхідно застосовувати тришарові цегляні стіни з поповерхово навісним фасадним шаром, або цілком навісні зовнішні стіни [22].

Тришарові залізобетонні панелі з плитних утеплювачем (пінополістирол, жорсткі мінераловатні плити) і гнучкими зв'язками є універсальним економічно ефективним конструктивним рішенням зовнішніх стін багатоповерхових повнозбірних і збірно-монолітних житлових будинків, що зводяться у всіх кліматичних районах України, які забезпечують виконання підвищених вимог до теплового захисту будівель.

Тришарові панелі, інша назва - «сендвічі» російського виробництва поступаються по своїх теплотехнічних якостях сучасним тришаровим конструкцій, виробленим іноземними фірмами, «іноземним сендвічам». Одним із прикладів може служити фінська фірма «ThermiSol Finland Oy» з виробництва великопанельних будівельних елементів типу Isora. Конструкція цих панелей складається з декількох шарів. Основний шар - з пінополістиролу. З двох сторін він облицьований тонколистовою сталлю, товщиною 0,5 мм з полімерним покриттям. Також в якості матеріалу для облицювання поверхонь

панелей застосовують: нержавіючу сталь, алюміній, гіпсокартон, вологостійку ДСП, ДВП, фанеру або спеціальну фольгу. Сендвіч-панелі Isora застосовуються в якості несучих стінових конструкцій, внутрішніх перегородок, утеплення існуючих стін.

Використання будівельного пінополістиролу покладено в основу технології ТЕРМОМУР - зведення несучих стін за допомогою незнімної опалубки з спеціального будівельного пінополістиролу (термоблоки). При цьому можливе використання будь-яких видів перекриттів, зовнішня і внутрішня обробки можуть виконуватися з будь-якого матеріалу. Стіни з блоків

ТЕРМОМУР мають коефіцієнт опору теплопередачі $R_0 = 3,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$, без зовнішньої і внутрішньої обробки [13].

ТСП (термоструктурні панелі), випускаємо ЗАТ «Термостройсистема», виготовляють з вузького полістиролу методом спінювання, армірую металевим каркасом. Ці панелі мають високу міцність, опірність навантажень, мають коефіцієнт теплопровідності - $0,036 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ [13].

1.2.2. Переваги та недоліки багатошарових огорожувальних конструкцій.

У конструкціях з підвищеною теплозахистом, «сендвічах» зовнішні шари (оболонки) виготовляються з міцного і теплопровідного матеріалу, здатного нести навантаження, а середній шар - з ефективної теплоізоляції. В якості зовнішніх шарів може використовуватися деревностружкова плита для одноповерхових будинків, бетон для багатоповерхових будинків і промислових будівель і метал для промислових будівель. Такі огорожувальні конструкції відрізняються неоднорідністю матеріалів в перерізі, складною геометрією і стилями. За конструктивних причин для утворення зв'язків між оболонками часто необхідно, щоб більш міцні матеріали проходили через теплоізоляцію або заходили в неї, порушуючи тим самим однорідність теплоізоляції. В цьому випадку утворюються так звані містки холоду.

Вплив містків холоду на втрати тепла через огороження може бути значним. Численними розрахунками і експериментальними роботами показано,

що втрати тепла від містків холоду можуть доходити до 60%, причому цей вплив помітніше в добре ізольованих конструкціях внаслідок збільшення відносної частки тепловтрат через містки холоду, так як в цьому випадку по містках холоду проходить той же потік тепла, що і при слабкій ізоляції.

Щоб уникнути негативного впливу містків холоду, розробляються конструкції, в яких їх вплив був би зведений до мінімуму. Прикладом таких огорож є конструкції на гнучких зв'язках, коли зовнішня оболонка із залізобетону кріпиться до внутрішньої за допомогою тонких металевих прутків, пронизуючи ефективну теплоізоляцію. Незважаючи на те, що гнучкі зв'язки відіграють роль місцевих містків холоду, відносно їх вплив на втрати тепла невелика [2, 3, 5].

Становить значний інтерес конструкція стіновий панелі без містків холоду, що випускається фірмою «Партек» в Фінляндії. Ці стінові панелі виготовляються в заводських умовах в спеціальних формах. Панель складається з залізобетонної плити шириною 1184 мм і товщиною 150 мм, яка при монтажі буде звернена всередину приміщення, і має 8 циліндричних порожнин діаметром 116 мм, жорсткого утеплювача з пінополіуретану товщиною 100 або 120 мм і тонкого зовнішнього шару з бетону товщиною 30 мм. Зовнішня і внутрішня оболонки пов'язані між собою тільки за допомогою жорсткого утеплювача, що визначає теплоізоляційні властивості панелі [44].

Крім впливу містків холоду, тришарові конструкції володіють і рядом інших недоліків.

У тришарових залізобетонних панелях утеплює шаром зазвичай є мінераловатні, скловолокнисті або полімерні органічні теплоізоляційні матеріали. Разом з тим конструкція даних панелей передбачає їх високу теплотехнічну неоднорідність, як було зазначено вище, складову 0,5 - 0,7. Це зумовлено значними тепловтратами в зоні стиків, зв'язків, шпонок і ребер жорсткості. Тришарові залізобетонні панелі з гнучкими зв'язками мають найкращі показники теплотехнічної однорідності, але для їх виробництва

потрібні дорогі зв'язку з нержавіючої сталі або пристрій на зв'язках спеціальних захисних покриттів.

Використання вітчизняних утеплювачів як середній шар в тришарових панелях є досить проблематичним. Так, мінераловатні і скловолокнисті матеріали мають високу гігроскопічність і при зволоженні значно знижують своє термічний опір. Видалити ж вологу в разі її потрапляння у внутрішню порожнину панелі практично неможливо.

Вітчизняні полімерні утеплювачі є пожежонебезпечними і при горінні виділяють шкідливі для здоров'я людини речовини, що викликає необхідність використання в панелях спеціальних вогнетривких вкладишів. Це саме можна сказати і до виробів на основі мінеральних волокон, коли для їх виготовлення в якості сполучного застосовують феноло-спирти, склади на основі бітуму та інших органічних матеріалів.

Крім того, в процесі експлуатації неминуче відбуваються старіння і деструкція полімеру з виділенням шкідливих для здоров'я компонентів, а оцінити стан знаходиться всередині виробу теплоізоляції неможливо. У теплоізоляції (особливо мінераловатної), покладеної в середній шар панелі, відбуваються систематичне конденсаційне зволоження, дифузія водяної пари, а питання вентиляції не вирішені. Це призводить до поступового розхитування структури утеплювача і розкладанню в лужному середовищі волокон плити в поверхневому шарі і, в кінцевому рахунку, до повного руйнування утеплювача. До цього треба додати дію на утеплювач таких атмосферних кліматичних факторів як заморожування і відтавання, температурні коливання, яка проникає сонячна радіація (інсоляція), зволоження і висушування, коксування.

Виробництво цього типу панелей здійснюється з більш високими витратами праці і витратою арматурної сталі в порівнянні з одношаровими, продовжуючи залишатися багатоопераційним, що обумовлює підвищені вартісні і трудові витрати, призводить до збільшення витрати металу на 25 - 30% і підвищення марки бетону зовнішніх шарів панелі.

При організації виробництва тришарових стінових панелей слід враховувати, що перехід на такі панелі пов'язаний з серйозною перебудовою технологічного процесу, а також з необхідністю забезпечення виробництва високоефективними дефіцитними і дорогими теплоізоляційними матеріалами (в основному імпортними) і відповідними сортами арматурної сталі.

Невирішені питання експлуатації і ремонтпридатності тришарових панелей (наприклад, заміна теплоізоляційного шару). У літературі (крім посилань на зарубіжний досвід) майже не наводиться жодних результатів грамотного обстеження експлуатованих будівель з визначенням змін властивостей системи утеплення в процесі експлуатації, а також довговічності конструкції в цілому. Середній термін служби теплоізоляційних матеріалів при таких умовах експлуатації не перевищує 8-10 років.

Як показали натурні обстеження до 20% панелей в побудованих будинках мають відшарування обшивки, що в зимовий період призводить до появи неприпустимо низьких температур на внутрішній обшивці панелей, а, отже, до погіршення температурно-вологісного режиму деяких приміщень і перевитрати тепла на їх опалення. Дані підтверджені тепловізійної зйомкою зовнішніх огорожень.

Як приклад можуть послужити тришарові панелі типу «Птар», що представляють собою тришарову металеву конструкцію із середнім шаром з важко згорає фенолформальдегідної пінопласту.

Недоліками таких панелей є: розшарування в процесі експлуатації. При цьому теплотехнічні показники утеплювача тришарових конструкцій, відкритого при їх розшаруванні для доступу атмосферної вологи і дифузії водяної пари і конвективного повітрообміну, різко знижуються.

Незадовільний режим мають вертикальні стики панелей, виконані «в притул» і утеплені мінеральною ватою, оберненої поліетиленовою плівкою, закриті з внутрішньої сторони нерознімним нащільником. Така конструкція стику відрізняється: низьким ступенем індустриальне, значною трудомісткістю при монтажі, низькою і нестабільною міцністю, крихкістю, високою

технологічною усадкою (до 1,5%), низькою формостабільністю при зміні вологісного стану та іншими недоліками. Ці недоліки на практиці ведуть до часткового або повного руйнування адгезійного шару «пінопласт ФРП-1 - обшивка» і масового розшарування панелей на об'єктах. Згодом в розшарованих панелях міцність пінопласту і особливо його пружні характеристики при попаданні вологи різко падають.

1.3. Утеплювачі, що застосовуються для теплового захисту огорожуваних конструкцій будівель

Як було зазначено вище, незалежно від основного матеріалу зовнішніх стін їх конструкція повинна бути шаруватою з використанням ефективного утеплювача для теплозахисту. Розрахунки і практика проектування показали, що ефективним може вважатися утеплювач, теплопровідність якого не перевищує $0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ \text{С})$. Необхідно відзначити, що вибір ефективних утеплювачів для огорожувальних конструкцій істотно залежить від виду будівництва. Для знову споруджуваних будинків можна застосовувати ефективні утеплювачі як на мінераловатній, так і синтетичній основі.

За рахунок різних сучасних утеплювачів можна значно змінити теплозахисні властивості стіни навіть при її колишньої товщині. Кращі ефективні утеплювачі мають теплопровідність всього $0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ \text{С})$, а раніше вона в одношарових панелях з керамзитобетону була в 10 разів більше.

Близько 30 - 40 років тому з'явилося багато дешевих теплоізоляційних матеріалів, таких, мінеральна вата і скловата, пінопласт і пінополіуретан і інші з теплоізоляційними властивостями, в десятки разів кращими, ніж традиційні матеріали. Вони більшою мірою (до 98% за обсягом) складаються із закритих пір, які заповнені повітрям або газом, наприклад фреоном, тому теплопередача цих матеріалів в основному обумовлена конвекцією, теплопровідністю і випромінюванням. Теплопередача теплопровідністю через твердий скелет матеріалу грає другорядну роль. Теплопровідність цих матеріалів близька до

теплопровідності повітря - $0,024 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ \text{С})$. Кращі матеріали теплоізолюючі мають теплопровідність: поліуретан - $0,028$ і скловата - $0,032 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ \text{С})$ [7, 16, 20, 58].

Використання утеплювачів різної товщини дозволяє збільшити опір теплопередачі зовнішніх стін в 3 ... 3,5 рази до необхідного розрахункового значення.

Різні будівельні фірми та організації намагаються вирішити проблему з утеплення будівель шляхом застосування нових вітчизняних та імпортованих матеріалів. Наприклад, розроблена технологія одержання такого матеріалу, який задовольняє новим технічним вимогам, на основі полістиролбетонних сумішей. Вироби з полістиролбетонних сумішей (стінові блоки, перемички) мають високі показники по теплопровідності і вогнестійкості в поєднанні з досить міцними характеристиками і є екологічно чистими матеріалами [17].

Відомим підприємством з виробництва теплоізоляційних матеріалів є ВАТ "Флайдерер-Чудово", яке випускає теплоізоляційні мати і плити під маркою URSA, широко застосовуються в різних конструкціях: зовнішніх стінах, перекриттях, дахах перегородках, каркасних, стінових, покрівельних і інших панелях (рис.1.2.) [16]. Продукція марки URSA дозволена до застосування в якості середнього шару в багатошарових конструкціях.

Теплоізоляційні плити цієї марки можна використовувати для утеплення зовнішніх стін будівель в якості ізоляції зовні, ізоляції в порожнині стіни з повітряним зазором і без нього, в деяких випадках ізоляції всередині приміщення. Теплоізоляційні плити і мати, що випускаються ВАТ "Флайдерер-Чудово", складаються зі скляного штапельного волокна марки URSA, із середньою щільністю $11 - 85 \text{ кг} / \text{м}^3$. і являють собою готову теплоізоляцію. На готові плити і мати може бути наклеєна фольга, спеціальна крафт-папір або армована сітка, які надають додаткові можливості виробам на основі скляного штапельного волокна [16, 38].

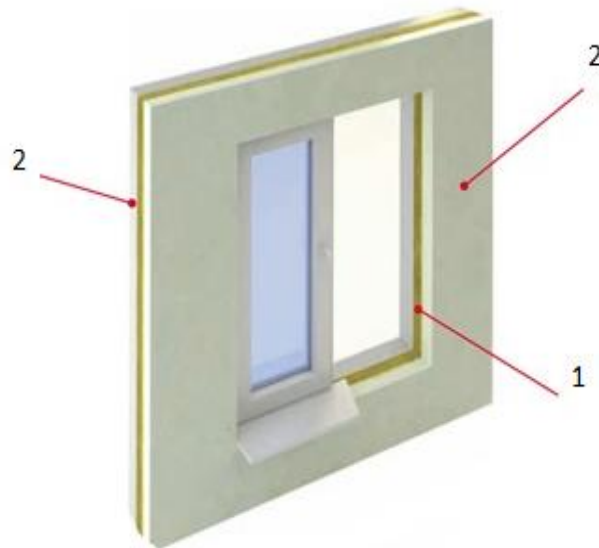


Рис. 1.2. Тришарова конструкція з внутрішнім теплоізоляційним шаром з скловати марки URSA; 1 - скловата марки URSA, 2 - конструктивні шари

Для більшої надійності конструкцій і забезпечення гідро- і пароізоляції матів і плит URSA рекомендується застосовувати разом зі скловатою захисні плівки, наприклад, "Ютафол", які випускаються різних модифікацій: "Ютафол-Д" - для гідроізоляції, "Ютафол-Н" - для пароізоляції. Першу поміщають із зовнішнього боку утеплювача, а другу - з внутрішньої. Паронепроникні плівки знижують до мінімуму проникнення водяної пари в конструкцію [16].

Із сучасних теплоізоляційних матеріалів можна відзначити багат шарові панелі, вироблені фірмою Polygal. Ці панелі ("Полигаль - 25") зроблені з термопластичного матеріалу - полікарбонату, що володіє високими термоізолюючими властивостями; високою міцністю, стійкістю до ультрафіолетового випромінювання, вогнестійкістю, світлопроникністю. Панелі пристосовані для легкої і зручної установки. Основним же їх недоліком є їх висока вартість від 10 у. е. за лист розміром 2100x6000 мм [31].

Один екран з алюмінієвої фольги зменшує променистий потік в 20 разів (зменшується коефіцієнт променистого теплообміну). Зі збільшенням числа екранів цей ефект зростає [8,9].

Відомий матеріал-утеплювач Bubble-Foil - розробка вчених НАСА (аерокосмічна промисловість США), аналог матеріалів, використовуваних для внутрішнього покриття "Шаттлов". Цей матеріал володіє унікальними теплоізоляційними властивостями: не боїться вогкості (на відміну від скловолокна, яке у вологому стані стає хорошим провідником тепла), перешкоджає інфільтрації повітря; ідеальний матеріал для створення кімнати-термоса. Структура - спеціальна алюмінієва фольга або поліетиленові "бульбашки", одна або дві поверхні яких, покриті спеціальною алюмінієвою фольгою.

Одним з перспективних сучасних матеріалів, що володіють універсальними властивостями і поєднують в собі корисні якості декількох матеріалів є екструзійний пінополіетилен Ізолон-тм марок ППЕ і ППЕ-Л. Він являє собою закрите пористу піну на основі поліетилену високого тиску. Ізолон-тм має гарні звукоізоляційні характеристики, негігроскопичен, є високоефективним утеплювачем [39]. Більшість утеплювачів гігроскопічні. Поглинається ними волога може значно погіршити теплопровідність, а також, руйнуючи матеріал, зменшити термін його служби. Ізолон-тм практично не вбирає вологу і широко використовується в цілях гідроізоляції в системах кондиціонування, водопостачання та вентиляції, в сантехнічних системах, в холодильній промисловості, в харчовій промисловості в якості упаковки для продуктів [13].

З ізолону-тм виготовляють і новітній тип утеплювачів - відображають ізолятори: "Фольгоізолон", "Фольгоізолон-Л".

Відображають ізолятори широко застосовуються в будівельній індустрії країн Європи і США. Подібний тип ізоляції широко використовується в космічних технологіях.

До утеплювачів відносяться спінені полімерні матеріали, що володіють цілим рядом переваг, завдяки яким вони успішно відвойовують у традиційних будівельних матеріалів все нові і нові області застосування.

Пінополістирол, в побуті відомий як пінопласт, добре зберігає тепло. Якщо порівнювати теплопровідність різних матеріалів, то пінополістирол товщиною 40 мм по теплоізоляційних властивостях еквівалентний: 45 мм мінеральної вати, 65 мм деревоволокнистих плит, 140 мм дерева, 380 мм керамзитобетону, 860 мм цегли [13].

Але крім високих теплоізоляційних властивостей, пінополістирол може містити значну кількість вологи, а при тривалому впливі сонця жовтіє і стає крихким [20].

Переславський завод інформаційних технологій «ЛІТ» представляє відбивну ізоляцію - утеплювач «Пенофол». Спінений поліетилен, покритий з одного або з двох сторін алюмінієвою фольгою як утеплювач товщиною 3-10 мм замінює 7-10 мм звичайної скловати [13].

Всі матеріали на основі спіненого поліетилену характеризуються виробниками як екологічно безпечні мікробіологічно стійкі.

Застосування в якості утеплювачів для зовнішніх стін пінополістиролу, пінополіуретану і інших горючих пінопластів вимагає конструктивних заходів щодо протипожежного захисту таких утеплювачів.

Номенклатура використуваних в даний час теплоізоляційних матеріалів досить широка. Будучи високоефективними утеплювачами (коефіцієнт теплопровідності $R = 0,03 \dots 0,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$), багато хто з цих матеріалів мають в той же час серйозні недоліки, що обмежують область їх застосування. Так, наприклад, теплоізоляційні матеріали мінераловатні і перлітові відрізняються широкою енергоємністю виробництва. Різні пінопласти - фенольні, пінополістирол, пінополіуретан і інші - виділяють в процесі експлуатації і, особливо при горінні, високотоксичні речовини, відрізняються високою вартістю, вимагають спеціального захисту, яка знижує опір теплопередачі; мало вивчена довговічність таких матеріалів [11,27,28].

Таким чином, вище перераховані утеплювачі і утеплювальні конструкції в цілому є досить складними в пристрої і експлуатації та мало придатними для внутрішнього утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків.

1.4.Висновки по розділу 1

В даний момент на ринку представлена велика кількість різних досить ефективних теплоізоляційних матеріалів, конструкцій і утеплювачів, рекомендованих до використання в основному в якості теплоізоляційних матеріалів утеплювачів шарів при виробництві стінових блоків в житловому і промисловому будівництві, а також використовуваних для зовнішнього утеплення огорожувальних конструкцій (перекриттів, зовнішніх стін, дахів). Тому створення, розробка і впровадження теплоефективних конструкцій для підвищення теплозахисних властивостей вже існуючих житлових, громадських і промислових будівель є найважливішим завданням на сьогоднішній день. З більшої кількості матеріалів утеплювачів.

Внутрішнє утеплення будівель є більш доступним, менш трудомістким у порівнянні з зовнішнім утепленням, зручним, а також не вимагає спеціального захисту від атмосферних впливів і надійного з'єднання з основним бар'єром, як у випадку застосування зовнішньої теплоізоляції. До того ж зовнішнє утеплення насилу представляється можливим в будівлях складної конструкції, багатоповерхових будинках і практично не допустимо в архітектурних пам'ятках через необхідність збереження зовнішнього вигляду будівлі. У деяких випадках ряд обставин - висока якість фасаду, висока вартість лісів або заборона на зміну вигляду фасаду - може зробити внутрішню додаткову ізоляцію єдиною можливою альтернативою.

Багато матеріалів і утеплювачі, що застосовуються для зовнішнього утеплення, є непридатними для внутрішнього утеплення з санітарно-гігієнічним, пожежобезпечним вимогам, що пред'являються нашими нормами. Тому розробка, створення і впровадження ефективних утеплювачів і теплоізоляційних конструкцій для внутрішнього утеплення експлуатованих будівель, які відповідають сучасним санітарно гігієнічним і пожежобезпечним вимогам в Україні, є важливим завданням в даний час.

РОЗДІЛ 2

ВОЛОГІСНИЙ РЕЖИМ ЗОВНІШНІХ СТІН СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬ

2.1. Вплив вологості на термічні властивості будівельних огорож

З введенням в практику будівництва зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель з будівельних матеріалів, що володіють підвищеними теплоізоляційними властивостями, що дозволяють зменшити їх товщину і вага, стан вологості цих конструкцій стало робити істотний вплив на їх експлуатаційні якості. Пояснюється це тим, що невелика товщина конструкції призводить до таких концентрацій вологи в порах матеріалів, які стають визначальними не тільки з точки зору їх теплозахисних властивостей, але і довговічності. Особливо це проявляється в багатошарових огорожах, кожен шар яких несе строго певну функцію, і тому неправильна компоновка шарів або невірний вибір їх параметрів може привести до перезволоження конструкції і до втрати її експлуатаційних якостей.

Вологісного режиму огорож присвячено досить багато робіт [8, 9, 12, 14, 19, 21, 29, 30]. При цьому передбачається, що конструкція огороження відома. Безумовно, оцінка або прогноз вологісного режиму того чи іншого огорожі при певних умовах експлуатації має істотне значення. Однак умови експлуатації можна вважати завжди певними, так як кліматичні впливи обумовлені природними факторами, а вимоги до мікроклімату приміщень встановлені санітарними нормами. Вологість же огорожень при сталому в процесі експлуатації квазістаціонарному влагообмене повинна бути нормована. Отже, з точки зору проектування зовнішніх огорожувальних конструкцій завдання полягає у визначенні конструкцій огорожі, що володіють заданим режимом вологості при відомих умовах експлуатації.

Будівельні огорожі складаються з будівельних матеріалів, які є в своїй більшості складними капілярно-пористими тілами, пори яких можуть бути

заповнені вологим повітрям, рідкої вологою і льодом. Особливості будови визначають велику мінливість теплофізичних характеристик будівельних матеріалів.

У товщі вологого будівельного матеріалу передача тепла відбувається кількома шляхами. Через твердий скелет, а також плівки рідкої вологи і лід тепло передається за допомогою теплопровідності λ Вт/(м·°С). У порах, заповнених вологим повітрям, крім теплопровідності теплообмін відбувається конвекцією і випромінюванням. При вологообмене тепло може переноситися рідкої і парообразной вологою, а так само в результаті фазових перетворень. Певна кількість тепла переноситься фільтрує через матеріал повітрям.

Будівельні матеріали розрізняються між собою складом і будовою їх твердої частини (кістяка). Провідність тепла скелетом матеріалів неорганічного походження значно вище, ніж у органічних матеріалів. Величини теплопровідності λ твердої частини неорганічних матеріалів рівні: при аморфної структурі 0,7 - 3,5 Вт/(м·°С), при кристалічному будові 4,6 – 14 Вт/(м·°С). Тверда частина матеріалів органічного походження має $\lambda = 0,29 - 0,41$ Вт/(м·°С), а пластмас $\lambda = 0,16-0,35$ Вт/(м·°С) [9].

Теплопровідність матеріалу X сильно відрізняється від λ нерухомого повітря, рівного близько 0,023 Вт/(м·°С). Волога, що заповнює пори, має λ близько 0,58 Вт/(м·°С), тобто в 25 разів більше, ніж у повітря. При переході в лід рідкої вологи теплопровідність її збільшується вчетверо, так як R льоду близько 2,3 Вт/(м·°С). Зі збільшенням об'ємної маси теплопровідність одного і того ж матеріалу помітно зростає. Так, наприклад, пінобетон при $\rho = 400$ кг / м³ має теплопровідність 0,14 Вт/(м·°С), при $\rho = 600$ кг / м вона вже 0,21, а при $\rho = 1000$ кг / м³ теплопровідність досягає величини 0,4 Вт/(м·°С).

Важливою для будівельних матеріалів є залежність λ від вологості. Зі збільшенням вологості матеріалів коефіцієнт теплопровідності зростає. Збільшення коефіцієнта пов'язане із заміщенням повітря в порах рідкої вологою, що має більш високий коефіцієнт теплопровідності. На стиках між

частинками матеріалу плівки води створюють «водяні манжети», які збільшують площу контакту між частинками і сприяють теплообміну між ними. Роль таких контактів особливо помітна при невеликих вологості.

При високих температурах коефіцієнт теплопровідності λ зі збільшенням вологості, особливо при внутрішньої теплоізоляції, зростає швидше. Перенесення тепла внаслідок влагообмена виявляється тим більше, чим вище температура. При негативних температурах підвищення вологості при інших рівних умовах також призводить до збільшення λ .

При переході в зону негативних температур не вся волога відразу перетворюється на лід. Спочатку замерзає тільки вільна, не пов'язана зі скелетом матеріалу волога в великих порах і капілярах. У міру зниження температури кількість твердої фази вологи все більш і більш збільшується за рахунок поступового замерзання пов'язаної вологи.

Теплопровідність мерзлого матеріалу, як правило, помітно вище талого. Але при малому вмісті льоду в порівняно великих порах може утворюватися пухкий іній, в результаті чого теплопровідність не збільшується, а зменшується.

Зволоження капілярно-пористого матеріалу відбувається в процесі поглинання водяної пари з повітря (сорбції). Межа зволоження залежить від відносної вологості повітря, температури і властивостей матеріалу. Залежність сорбційної вологості матеріалу від відносної вологості

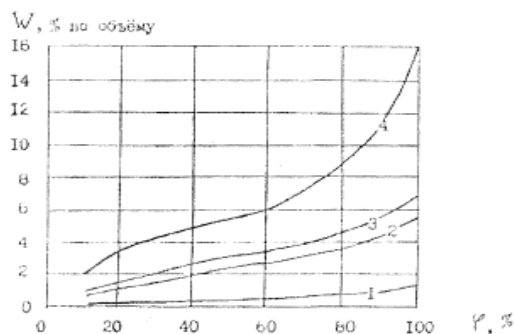


Рис. 2.1. Сорбційна вологість матеріалів при відносній вологості повітря
 ф: 1 - цегляна кладка, 2 - пінобетон 800 кг / м³, 3 - шлакобетон 1300 кг/м³, 4 - газобетон 800 кг/м³

З рис. 2.1 видно, що при відносній вологості повітря до 30% сорбційна вологість матеріалу порівняно швидко зростає (відрізок кривої з опуклістю вгору). Існує лінійна залежність вологості матеріалів від відносної вологості повітря. Для групи матеріалів, що відносяться до несмачіваємих (гідрофобним), ця залежність справедлива, практично, до $sr = 100\%$. Що стосується змочуваних (гідрофільних) матеріалів, до складу яких входить більшість із застосовуваних у сучасному будівництві, то для них лінійна залежність зберігається в інтервалі відносної вологості повітря до 70 - 80%. При підвищеній відносній вологості повітря крива піднімається вгору, що свідчить про появу додаткових факторів поглинання пара матеріалами.

Вважають, що при низькій відносній вологості повітря, приблизно до 30%, в капілярно-пористу тілі утворюється мономолекулярний, товщиною в одну або кілька молекул, шар адсорбованої вологи. При відносній вологості повітря від 30 до 70% утворюється полімолекулярнимі, товщиною в сотні молекул, адсорбованих шар. Підвищення вологості матеріалів при відносній вологості повітря вище 70% пояснюють капілярної конденсацією пара в порах матеріалу.

Вологість матеріалу в огорожах змінюється в часі. У початковий період це пов'язано з внесенням в конструкцію «будівельної вологи». В процесі експлуатації (після того як частина вологи випарується) матеріали стін і перекриттів входять в певний сталий квазістаціонарний рівноважний вологісний режим. Вологість матеріалу в цей період залежить від положення матеріалу в конструкції, внутрішніх умов в приміщеннях будівель і клімату району будівництва.

Повітря в приміщенні зазвичай більш вологе, ніж зовні. Внаслідок різниці вологості і температур внутрішнього і зовнішнього повітря і волопроницаємости конструкцій відбувається перенос вологи через огорожу.

Стан вологості огорожі може бути умовно поділено на експлуатаційне, відповідне основному періоду тривалої і регулярної експлуатації будівель, і початкова, відповідне перших років після заселення будинку (рис. 2.2).

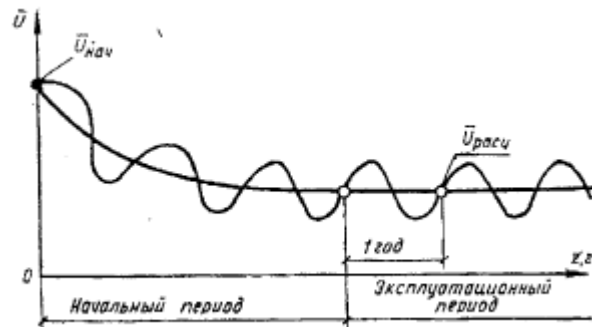


Рис. 2.2. Схема зміни середньої вологості матеріалів в огорожі з початку експлуатації будівлі.

Експлуатаційне стан вологості огорожі настає, коли вміст води матеріалів наближається до деякого стабільного стану, рівноважного щодо впливів на огорожу внутрішньої і зовнішньої середовищ. Влагосодержание в цей період циклічно змінюється протягом року, зростаючи до кінця зими і знижуючись до кінця літа. В середині зими (грудень - січень) значення вологості близькі до середніх за рік. Теплотехнічний розрахунок огорожень і підрахунок тепловтрат приміщеннями проводиться для цього періоду, тому вибір теплофізичних характеристик матеріалів конструкцій повинен проводитися, виходячи з даних про середньорічний вологості матеріалів в огорожі.

Теплова ефективність будівель залежить від якості будівельних матеріалів, конструкцій і їх монтажу. Важливим є відповідність надходять на будівельний майданчик матеріалів і виробів пред'являються до них технічним вимогам. Через завищеною в порівнянні з нормативною вологістю і щільністю бетону теплозахисні показники стін багатьох житлових будинків виявляються в середньому на 20% нижче мінімально допустимих по гігієнічним вимогам. При цьому, природно, знижується температура повітря і погіршується мікроклімат житла.

Застосування в багатошарових стінових конструкціях і покриттях полімерних і мінеральних теплоізоляційних матеріалів викликало необхідність комплексно і всебічно досліджувати експлуатаційні властивості і довговічність

в огорожах різних типів утеплювачів з метою визначення розрахункових значень їх теплофізичних параметрів, оскільки енергозберігаючий ефект в цих системах залежить від підвищення теплозахисних властивостей огорожі, його теплотехнічної однорідності і довговічності шарів, з яких найбільш слабким є теплий ізоляційний шар. При цьому, особливу увагу необхідно приділяти ефективним теплоізоляційним матеріалів, застосування яких в великопанельному житловому будівництві складає 19%, в тому числі мінеральної вати - 9,4%. Встановлено, зокрема, що на довговічність мінеральної вати в масивних конструкціях і залізобетону і керамзитобетону істотний вплив роблять знакозмінні температурно вологості впливу, що викликають значну усадку утеплювача, величина якої за 30 років експлуатації в конструкції покрівлі досягає 60 - 70%, що призводить до істотного зниження теплозахисних властивостей огорожень. Тривала експлуатація в панельних стінах пінопластів призводить до зміни їх вологісного стану. Збільшення вологопоглинання полістирольного пінопласту на кожен 1% призводить до підвищення теплопровідності на 4%. Так, наприклад, протягом першого року експлуатації вологопоглинання фенольного пінопласту ФРП-1 перевищила 40% по масі (рис. 2.3) і лише через 14 років його вологість зменшилася до 13,2%.

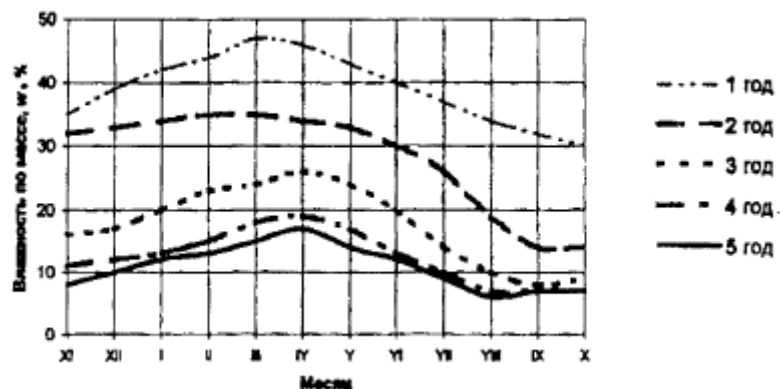


Рис. 2.3 Кінетика зміни вологості утеплювача ФРП-1 в тришарових стінах житлового будинку серії П43 / 16

Вологі конструкції є сприятливим середовищем для появи і зростання цвілі, грибка і різних мікроорганізмів, в результаті конструкції можуть бути забраковані за санітарно-гігієнічним вимогам. Не виключено, що підвищення вологості може погіршити умови для зберігання предметів і виробів, що знаходяться в приміщенні, знизити їх властивості і т.п. Вологість впливає також на термін служби будівельних конструкцій. Відомо, що морозостійкість будівельних матеріалів зменшується при збільшенні вологи в них.

Конденсація водяної пари на внутрішній поверхні і всередині конструкції відбувається при зниженні температури в деякому місці нижче температури точки роси.

Температура точки роси залежить від температури повітря і його відносної вологості. Щоб температура на внутрішній поверхні утеплювача в огорожувальній конструкції була вище температури точки роси, будівельна конструкція повинна при заданих умовах внутрішнього і зовнішнього середовища мати відповідні теплотехнічні властивості. При сталому внутрішньому режимі температура внутрішньої поверхні конструкції залежить від коефіцієнта теплопередачі.

Для забезпечення температури на внутрішній поверхні вище температури точки роси проектувати конструкції треба так, щоб вони мали найменше значення коефіцієнта теплопередачі.

Особливо часто конденсація водяної пари відбувається в кутах приміщення, на залізобетонних перемичках, колонах, металевих рамах, Тобто на поверхнях так званих містків холоду.

Якщо водяні пари не конденсуються на внутрішній поверхні конструкції, то це ще не означає, що неможлива їх конденсація всередині конструкції. Водяна пара, що містяться в повітрі, проникають в пористі матеріали конструкції, і це впливає на парціальний тиск водяної пари повітря в окремих місцях конструкції. Однак повітря може містити тільки певну максимальну кількість водяної пари, що називають станом повного насичення. Якщо в

насичений водяною паром повітря підводиться додаткову кількість пара, то він конденсується, а при мінусовій температурі перетворюється в кристали льоду.

Щоб водяні пари не могли конденсуватися всередині конструкції, її шари слід розташовувати з поступовим зниженням їх дифузійного опору від внутрішньої поверхні до зовнішньої. Перший внутрішній шар повинен в цьому випадку пропускати якомога менше водяної пари (повинен мати найбільший опір дифузії водяної пари), а останній - зовнішній шар повинен пропускати найбільшу кількість водяної пари (повинен мати найменший опір дифузії водяної пари).

Так як це правило не завжди можна застосувати, для усунення можливої конденсації водяної пари проектують конструкції з вентиляльованим повітряним прошарком або мережею вентиляльованих каналів перед зовнішнім шаром, що має великий опір дифузії водяної пари.

2.2. Вологісна характеристика та термічні властивості зовнішнього утеплення

У системах зовнішньої теплоізоляції, товщина захисної конструкції може бути мінімальною, виходячи з вимог міцності. Товщина утеплювача повинна бути такою, щоб зони конденсації вологи і основного перепаду температури знаходилися усередині теплоізоляційної плити. При цьому конденсат повинен легко випаровуватися через високій паропроникності системи.

Пристрій додаткової теплоізоляції зовні будівлі захищає стіну від змінного замерзання і відтавання і інших атмосферних впливів; вирівнює температурні коливання основного масиву стіни, завдяки чому виключається поява в ньому тріщин внаслідок нерівномірних температурних деформацій, що особливо актуально для зовнішніх стін з великих панелей; сприяє збільшенню довговічності несучої частини зовнішньої стіни; зрушує точку роси в зовнішній теплоізоляційний шар, завдяки чому виключається відсирівання внутрішньої частини стіни; створює сприятливий режим роботи стіни за умовами її

паропроникності, що виключає необхідність влаштування спеціальної пароізоляції, в тому числі на віконних укосах, що потрібно в разі внутрішньої теплоізоляції.

Біля стін із зовнішнього теплоізоляцією межа промерзання і точка роси розташовані зовні кладки, тому масивна стіна може служити в якості акумулятора тепла. Зовнішня ізоляція також дозволяє закрити "містки холоду", що скорочує витрати на опалення і перешкоджає пошкодженню стін в результаті конденсації вологи і перепадів температур.

У зовнішніх стінах і перекриттях для боротьби з перезволоженням конструкцій застосовують пристрій повітряних прошарків, герметичних або вентиляованих.

Передача тепла через повітряний прошарок від однієї поверхні до іншої відбувається в основному конвекцією і випромінюванням. Основне тепло передається випромінюванням. Зменшити цей потік і таким чином збільшити опір теплопередачі прошарку можна за рахунок так званого «армування», наприклад алюмінієвою фольгою. Покриття фольгою зазвичай роблять на теплій поверхні для уникнення конденсації. Таке покриття зменшує променистий потік приблизно в 10 разів.

Найбільш ефективним методом збільшення опору прошарку є його екранування - поділ тонкими перетинками-стінками на ряд вузьких шарів. Один екран з алюмінієвої фольги зменшує потік в 20 разів. Зі збільшенням числа екранів цей ефект зростає. На цьому заснована теплоізоляція «альфоль», виконана у вигляді плоских листів фольги, які мають у своєму розпорядженні на відстані 10-15 мм один від одного, або у вигляді пом'ятих, гофрованих листів фольги [8]. Умовний коефіцієнт теплопровідності шару такої ізоляції при гладких листах дорівнює $0,031 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ \text{С})$, при гофрованих - $0,028 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ \text{С})$.

Зменшити коефіцієнт променистого теплообміну можна за рахунок наближення прошарку в конструкції до зовнішньої поверхні, так як при цьому знижується температура.

Найбільш ефективна товщина повітряного прошарку без екранів для вертикальних шарів в огорожах дорівнює 76 - 95 мм. Для горизонтальної прошарку при передачі тепла від низу до верху і зверху вниз зі збільшенням товщини опір теплопередачі зростає. В умовах огорожі потовщення прошарку більше 5 см нераціонально, так як це трохи зменшує теплопередачу.

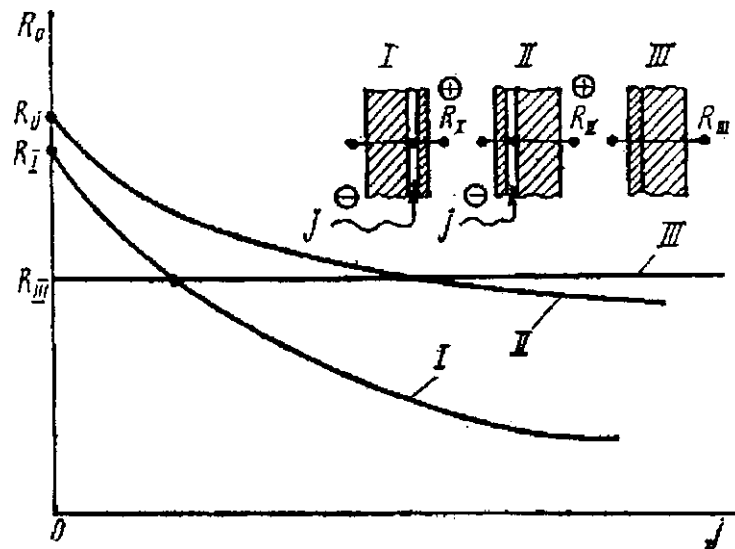


Рис. 2.4 Характер зміни опору теплопередачі огорожі з повітряної негерметичної прошарком, розташованої у внутрішній (I) або зовнішньої (II) поверхонь, зі збільшенням інфільтрації зовнішнього повітря j через прошарок (III - для огорожі з тими ж товщиною шарів, але без повітряного прошарку).

Зазвичай в конструкціях в результаті інфільтрації і ексфільтрації через матеріал і стики окремих елементів конструкції прошарку повідомляються з повітрям. Опір теплопередачі зі зменшенням герметичності знижується і особливо різко, якщо прошарок розташована ближче до внутрішньої поверхні огорожі і в неї потрапляє зовнішнє повітря. На рис. 2.4 наведено графік, який дає уявлення про зміну R_0 при різному положенні прошарку і при інфільтрації через неї зовнішнього повітря. Попадання внутрішнього повітря в прошарок небезпечно з точки зору перенесення з повітрям вологи, відсирівання конструкції і зниження у зв'язку з цим її теплозахисних властивостей.

Ексфільтрація повітря з приміщення через огорожу пов'язана з передачею вологи, яка при наявності в конструкції щільних шарів може привести до перезволоження огорожі (наприклад, в безгорищних покриттях, що мають з зовнішнього боку непроникний гідроізоляційний килим).

Поряд з герметичними повітряними прошарками в зовнішніх конструкціях огорож влаштовують вентильовані повітряні прошарки. Вентильовання прошарку попереджає відсиріванню конструкцій.

Попередження конденсації водяної пари може бути досягнуто збільшенням пароізоляції внутрішньої частини конструкції, зменшенням протяжності вентильованого прошарку. Без зміни конструкції попередження конденсації забезпечується достатнім провітрюванням прошарку.

Однак пристрій вентильованих повітряних прошарків в огороженні має свої недоліки: ускладнює конструкцію, порушує безперервність зовнішнього шару, охолоджує огорожу циркуляцією в ньому зовнішнього повітря. Тому слід вдаватися до цього пристрою в разі крайньої необхідності.

2.3. Вологісний характеристика внутрішнього утеплення

При внутрішньому утепленні будинків основною проблемою є боротьба з вологістю, оскільки зона конденсації наближена до внутрішньої поверхні конструкції. З підвищенням вологості відбувається зниження теплозахисних властивостей огорожі через збільшення теплопровідності матеріалів огорожувальної конструкції. Вирішення цієї проблеми полягає в обов'язковому улаштуванні надійного пароізоляційного шару.

При розташуванні теплоізоляції з внутрішньої сторони огорожувальної конструкції при відсутності пароізоляції утеплювача, особливо при використанні сучасних конструкцій вікон з низькою повітропроникністю, може привести при відсутності вентиляції до збільшення вологості всередині приміщення; виникають містки холоду в місцях сполучення внутрішніх і зовнішніх стін. Конденсація водяної пари на кордоні внутрішньої стіни і

утеплювача призводить до зниження теплотехнічних характеристик. На практиці ознаками непродуманості у вирішенні цих питань є запітнілі вікна, відсирілі стіни з частим появою цвілі, висока вологість в приміщеннях. Приміщення перетворюється в свого роду термос. Хоча виникнення такої ситуації (значне підвищення внутрішньої вологості) можливо і при зовнішньому утепленні, якщо приміщення погано провітрюється.

2.4. Особливості розрахунків з урахуванням вологості будівельних огорож

Процес конденсації вологи з повітря приміщення тісно пов'язаний з теплотехнічним режимом огорож. При значному падінні температури на внутрішніх поверхнях зовнішніх огорожень до температури «точки роси», при якій дана, абсолютна вологість (пружність пара) повітря є тиском насичення, або максимальної пружністю, з навколишнього повітря може конденсуватися водяна пара у вигляді крапель.

У зимовий час водяна пара, дифундує через зовнішні огороження, може зустріти шари огорожі, температура яких буде нижче «точки роси». Виникає конденсація вологи вже в товщі огороження. Термічна конденсація є, по суті, внутрішнім джерелом зволоження, що визначає вологість огорожі при сталому в процесі експлуатації будівлі тепловлажностной режимі.

Виявлення наявності або відсутності конденсації вологи в огорожі ведеться зазвичай по графоаналітичним методом К.Ф. Фокіна. Суть методу полягає в наступному: приймаються деякі розрахункові параметри - температура t і вологість e - внутрішнього і зовнішнього повітря; розраховується розподіл температур в огорожі по формулі:

$$t_x = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_0} \sum R_x \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.1)$$

де: R_0 - опір теплопередачі огорожі, $\sum R_x$ сума теплових опорів від внутрішнього повітря до перетину x , включаючи опір теплопереходу.

Обчисливши температури на всіх поверхнях шарів огорожі, визначають відповідні їм значення максимальної пружності водяної пари E і обчислюють фактичні пружності e :

$$e_x = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_{п0}} \sum R_{пх} \text{ мм. рт. ст.} \quad (2.2)$$

де: $R_{п0}$, $\sum R_{пх}$ опори паропроникності відповідно огорожі і частини огорожі від внутрішнього повітря до перетину x , включаючи опір паропереходу.

$$R_{п} = \frac{\delta}{\mu} \text{ м}^2 \text{ с мм рт. ст./г} \quad (2.3)$$

μ - коефіцієнт паропроникнення матеріалу стінки, г/м-с-мм рт.ст., δ - товщина стіни, м.

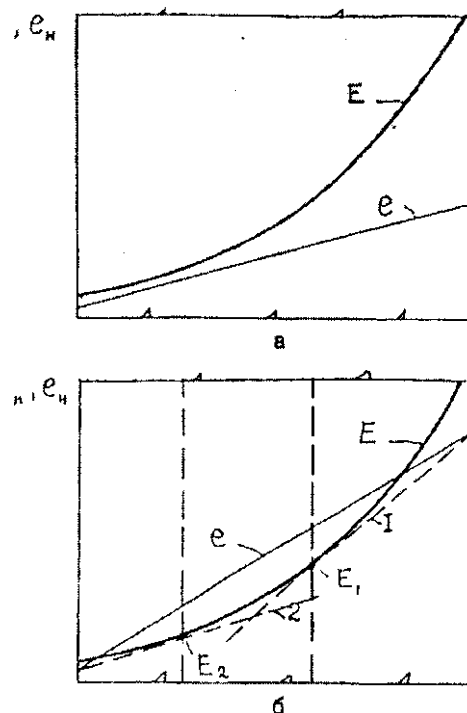


Рис. 2.5. Умови дифузії пара в огорожі

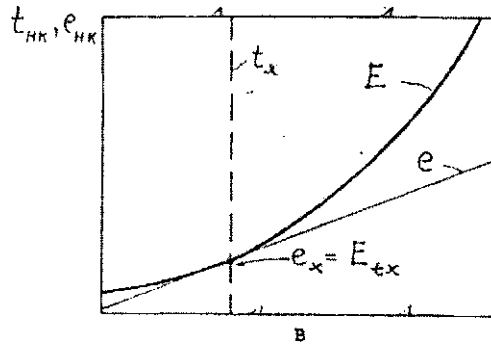


Рис. 2.5. Умови дифузії пара в огорожі

Далі роблять висновок: якщо графіки E і e_x не перетинаються (рис.2.5-а), то при прийнятих параметрах t_b , t_3 , e_b , e_3 термічної конденсації пари в огорожі не відбувається. Якщо ж вони перетинаються (рис.2.5-б), то це свідчить про конденсації пари в огорожі. При цьому, оскільки пружність пара не може бути більшим за максимальну E_x , розподіл пружності пара в огорожі визначається дотичними 1 і 2 до кривої максимальної пружності пара E . Кількість конденсуючого пара визначається по різниці потоків пара, що надходить в огорожу через внутрішню поверхню:

$$P_b = \frac{e_b - E_1}{\sum R_{пв}}, \quad (2.4)$$

і що виходить з огорожі через зовнішню поверхню:

$$P_3 = \frac{E_2 - e_3}{\sum R_{пз}} \quad (2.5)$$

За річним балансом дифузії пара судять про вологісного режиму огорожі. У формулах (2.4) і (2.5) E_1 і E_2 - пружність пара на кордонах зони конденсації, а $\sum R_{пз}$, $\sum R_{пв}$ опори паропроникності частини огорожі відповідно від внутрішньої поверхні до зони конденсації і від зони конденсації до зовнішньої поверхні, включаючи опору паропереходу.

Граничним умовою відсутності конденсації (рис.2.5-в) є досягнення пружності пара e_x в будь-якому перетині максимального, для температури цього перетину значення E_{tx} . Цій умові відповідають розрахункові параметри зовнішнього повітря t_{zk} , e_{zk} . Зіставивши ці параметри з кліматичними, визначають тривалість періоду конденсації пари в огорожі.

Для зменшення конденсації вологи в товщі багатошарових огорожень більш щільні (більш теплопровідні) шари з малим значенням μ слід розташовувати у внутрішній поверхні огороження. Температура в середній частині огорожі буде вищою, підвищаться і значення E . Ближче до вологому середовищу слід розташовувати і пароізоляційні шари.

При установці утеплювача з внутрішньої сторони зовнішньої стіни падіння температури в ній буде більш інтенсивним, ніж падіння пружності водяної пари і можуть виникнути умови, що викликають конденсацію водяної пари.

Метод розрахунку вологісного режиму по стаціонарним умовам є орієнтовним і не відображає дійсної картини зміни вологості матеріалу в огорожі внаслідок того, що процеси дифузії водяної пари протікають повільно. Тому, якщо за розрахунком виходить, що в огорожі відбувається конденсація пара, то це ще не означає, що в дійсності вона обов'язково буде, особливо в огорожах масивних, так як для конденсації потрібна деяка кількість часу. Чим менш масивною буде огорожа, тим більше результати розрахунку будуть наближатися до дійсності. Однак розрахунок вологісного режиму по стаціонарним умовам є простим і може дати досить точний відповідь в тому, що, якщо за розрахунком конденсації вологи в огорожі не повинно бути, то огорожу дійсно буде гарантовано від конденсації; можна з'ясувати, чи відбувається в огорожі систематичне накопичення вологи або волога, конденсована в зимовий період, встигає випаруватися з огорожі протягом літнього періоду, чи буде огорожу з плином часу зволожувати або поступово просихати.

2.5. Відомості про вологісний режим зовнішніх огорож

При проектуванні огорожувальних конструкцій важливо визначити, яка кількість вологи засвоюється огорожею. Якщо тепловтрати визначаються загальним опором теплопередачі огорожі, то процес дифузії пара в огорожі залежить від відносного опору окремих шарів конструкції.

Теплопровідність і паропроникність будівельних матеріалів знаходяться в такому зв'язку, що матеріали, які є хорошими утеплювачами, як правило, досить паропроникні. Навпаки, матеріали, що володіють малою проникністю, в більшості випадків теплопровідність. Оскільки втрати пара через огорожі не мають значення - конструкції, що володіють меншим опором паропроніцанню, представляються більш вигідними, тому що в них раціональніше використовуються теплотехнічні властивості матеріалів. При цьому повинні враховуватися й інші вимоги, що пред'являються до конструкції, такі як міцність, довговічність, технологічність виготовлення і т.п., а також умови, які можуть бути дуже різні.

2.6. Висновки по розділу 2

Підводячи підсумки вище сказаного, важливо відзначити, що вологісний режим огорожі дуже впливає на теплозахисні якості багатошарових конструкцій. При цьому слід враховувати саму конструкцію огорожі.

У деяких випадках для боротьби з перезволоженням в багатошарових конструкціях і при зовнішньому утепленні необхідно передбачати у зовнішніх стінах та перекриттях пристрій повітряних прошарків і вентильованих каналів.

При внутрішньому утепленні більш можлива конденсація водяної пари усередині конструкції через зниження температури в шарах огорожі, тому для виключення зволоження обов'язково необхідно пристрій надійного шару пароізоляції з внутрішньої сторони приміщень.

З точки зору ж вологісного режиму в огороженні необхідно і достатньо мати два шари, один з яких (основний) виконує функцію теплозахисту, а інший (пароізоляційний) регулює дифузю пара в огорожі відповідно до допустимої вологістю матеріалу теплозахисного шару.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ УТЕПЛЮЮЧОЇ ПАНЕЛІ

3.1. Обґрунтування і особливості пристрої панелі

За рахунок різних сучасних утеплювачів можна значно змінити теплозахисні властивості зовнішніх стін будівель. Як було зазначено вище, можливі два варіанти у вирішенні цього завдання. Перший - це розташування утеплювача із зовнішнього боку несучої стіни, другий - розташування утеплювача з внутрішньої сторони.

Утеплення зсередини будівлі як метод економії енергії ще не знайшов достатнього застосування в силу відомих причин. Одна з таких причин полягає в тому, що при утепленні зсередини віднімається частина житлової площі. Інша причина - можливість накопичення вологи усередині стіни. Для уникнення цих недоліків слід утеплювальні панелі робити досить тонкими 30 - 50 мм з дуже ефективних матеріалів, а для уникнення накопичення вологи - наносити надійний шар пароізоляції. Треба зауважити, що це ще на всі проблеми, які виникають при внутрішньому утепленні. З'являються вимоги пожежної та гігієнічної безпеки, для подолання яких виникають труднощі при підборі матеріалів для внутрішніх утеплювальних панелей. Одночасно виникають питання довговічності таких пристроїв і термінів їх окупності.

Разом з тим доступність і достатня порівняльна простота методу внутрішнього утеплення змушують нас повертатися до розробки конструкцій таких утеплювачів. Перш необхідно відзначити, що зовнішнє утеплення дороге і вимагає виконання багатьох додаткових умов для його здійснення. Таким головною умовою треба вважати забезпечення видалення вологи, що накопичується за час експлуатації будівлі, з цією метою доводиться робити в конструкціях повітряні зазори, що, безумовно, ускладнює справу. Зовнішнє розташування утеплювача вимагає застосування спеціальних міцних теплоізоляційних матеріалів, які в повній мірі забезпечували б пожежну

безпеку будівлі, були б стійкими до впливів зовнішнього середовища, тощо. До опадів, перепадів температур, впливів вітру тощо, змін погоди.

Для багатопверхових експлуатованих будівель зовнішнє утеплення представляється майже неможливим. Звідси можна зробити висновок про необхідність розробок конструкцій внутрішніх утеплювальних панелей. При цьому треба мати на увазі, що така панель обов'язково повинна включати пароізоляційний шар для уникнення попадання вологи в стіну. Цей шар одночасно не дозволяє зволожувати всій стіновій конструкції. А така суха стіна має більш високі термічні властивості. Зволоження стінових матеріалів збільшує до 30% їх теплопровідність. Отже, важлива перевага внутрішнього утеплення ще в тому, що стінові матеріали стають більш сухими і менш теплопровідними.

Для вирішення проблем по теплозахисту будівель для внутрішнього утеплення зовнішніх огорожень розробляється утеплювальна панель, що складається з декількох шарів: шар основи виконаний з OSB, шар основного утеплювача, розглянуто декілька варіантів (пінополістирол, мінеральна вата), шар, пароізоляції, повітряний прошарок, останній шар-облицювальний, виконаний з гіпсокартону. Ця панель кріпиться до зовнішньої стіни від підлоги до стелі. При цьому коефіцієнт теплопередачі залежить від товщини утеплювача в панелі. Також використання паробар'єру дозволяє уникнути конвективних струмів, тому що повітря, що знаходиться між поверхнями шару, є відносно нерухомим.

В процесі розробки утеплювальних панелей виникають наступні питання.

Виконання гігієнічних вимог. Проблема полягає в тому, що зовнішні шари стають холоднішими, і з'являється небезпека потрапляння вологи і її конденсація в зовнішніх стінах. Для уникнення цього рекомендується включати пароізоляційний шар. Для виконання гігієнічних вимог утеплювальна панель готується з дерева і спеціально укладається пароізоляція для більшої ефективності самої панелі.

Матеріали, використовувані в панелі, гігієнічно і з пожежної безпеки допустимі.

В цілому, спільно з утепленими вікнами і внутрішніми утеплювальними панелями планується домогтися зменшення тепловтрат в 3 - 4 рази навіть при відсутності зовнішнього утеплення, яке в цілому ряді випадків взагалі виконати не можливо.

3.2. Конструкція панелі

Завданням, на вирішення якого спрямована розробка конструкції панелі для внутрішнього утеплення, є підвищення теплоізоляції зовнішніх стін приміщень житлових і громадських будівель шляхом створення додаткового шару утеплення за допомогою утеплюючої панелі. Так як в низці випадків утеплення стін ззовні неможливе. Особливу складність представляють завдання по утеплення будівель з історичними фасадами. Такі будівлі формують вигляд міста і охороняються законом, тому при реконструкції метою ставлять збереження їх унікального зовнішнього вигляду. У таких особливих випадках традиційне утеплення огорожувальних конструкцій зовні неможливо тому виникає необхідність розробки конструктивних рішень по утепленню стін зсередини, наприклад за допомогою утеплюючої панелі.

Поставлена задача досягається тим, що розробляється конструкція панелі для додаткової теплоізоляції зовнішніх стін приміщень експлуатованих будівель, що включає в себе: каркас із дерев'яних рейок, який з однієї сторони обшивається основою з плити OSB товщиною 6 мм, на яку кріпиться утеплюючий матеріал, обов'язковим є шар паробар'єру, наступним є повітряний прошарок, облицюється вся конструкція гіпсокартонною плитою товщиною 12 мм.

У якості утеплюючого матеріалу було вибрано екструдований пінополістирол $\rho = 40 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0.032 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$. Вибрано саме цей матеріал так як порівняно з іншими сучасними утеплюючими матеріалами у

екструдованого пінополістиролу водопоглинання менше. Цьому слід приділяти увагу, так як мокрий матеріал значно втрачає свої теплоізолюючі властивості.

Обрана товщина утеплюючого шару 70 мм, тому що така товщина найбільш підходить за своїми характеристиками опору теплопередачі, для утеплення старих історичних будівель у яких зазвичай стіни виконані з керамічної «царської» цегли і мають товщину 0,4-0,6 м.

Розміри склали: 1,2x0,6x0,09 м. Довжина і ширина панелей 1,2 м та 0,6 м була обумовлена стандартними розмірами листів пінополістиролу; ширина утеплювальних панелей 0,09 м була обрана мінімальною для отримання необхідних теплотехнічних параметрів, коефіцієнта теплопровідності, термічного опору.



Рисунок 3.1. Конструкція утеплюючої панелі

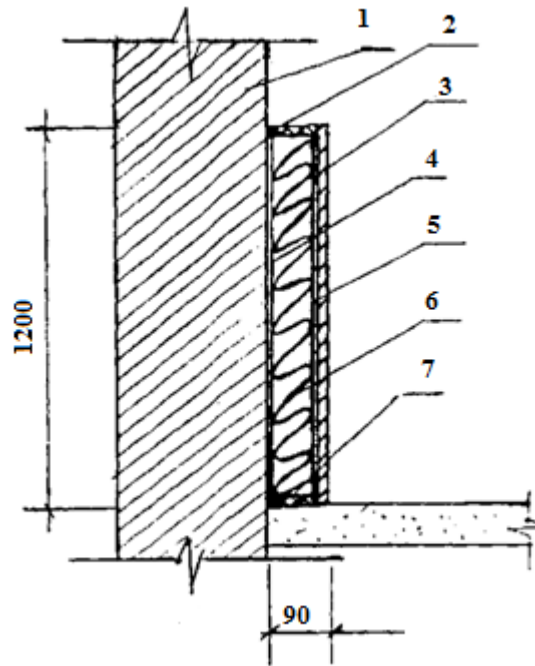


Рисунок 3.2. Розміщення утеплюючої панелі

де 1 – стінова огорожа будівлі; 2 – рейка каркасу утеплюючої панелі; 3 - основа з листу OSB; 4 – утеплюючий матеріал; 5 – паробар'єр; 6 – повітряний прошарок; 7 – лист гіпсокартону.

3.3. Розрахунок теплового режиму стінового огородження

3.3.1. Визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальної конструкції.

Розрахунок необхідного опору теплопередачі огорожі здійснювався за формулами і таблицями діючих будівельних норм [53].

1.Необхідний опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, що відповідають санітарно-гігієнічним і комфортним умовам приймаємо $R_{q\ min} = 3.3 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, згідно з [53].

Для прикладу я розглянув будинок, що знаходиться в м. Дніпро, за адресою вул. Харківська 6, цей будинок являється історичною пам'яткою м. Дніпра занесений до Державного реєстру пам'яток нерухомості і має назву «Прибутковий дім Померанцева». Величезна чотириповерхова будівля

побудована в кінці 19 століття, і за мірками того часу - була як хмарочос. Історики відзначають незвичайну еклектичну архітектуру будівлі - іншого такого в Дніпрі немає. Будинок пережив війну, але постраждав від пожежі в 1999 році і на даний момент перебуває в напівзруйнованому стані, що потребує реконструкції.

У даній роботі розглядається підхід до підвищення тепло опору стінових конструкцій. Даний будинок має унікальний фасад (Рис.3.3)

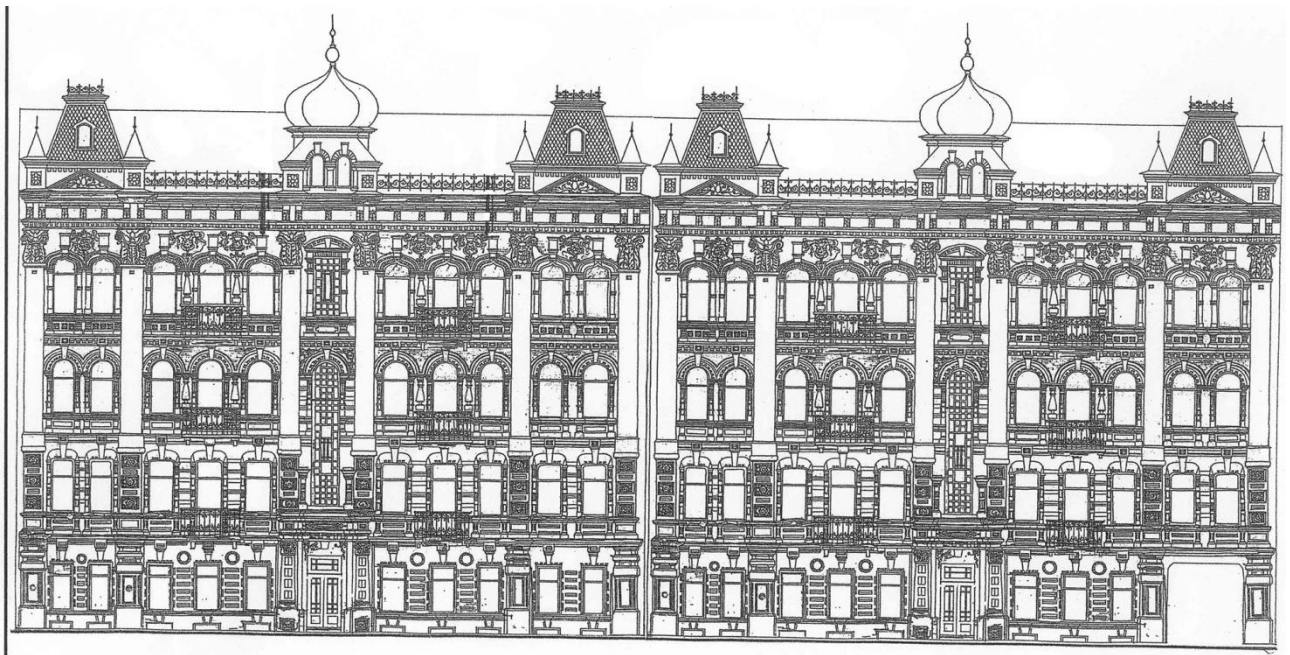


Рисунок 3.3. Фасад будинку Померанцева

Фасадна стіна зроблена з керамічної повнотілої «царської» цегли, щільність $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{cm} = 0.45 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Товщина фасадної стіни складає $\delta_{cm} = 0,6 \text{ м}$.

Опір теплопередачі даної конструкції визначається як

$$R_{cm} = \frac{1}{a_v} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{a_n} \quad (3.1)$$

Де a_v і a_n -коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні огорожуючої поверхні, згідно з [53].

$$R_{cm} = 1.01 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

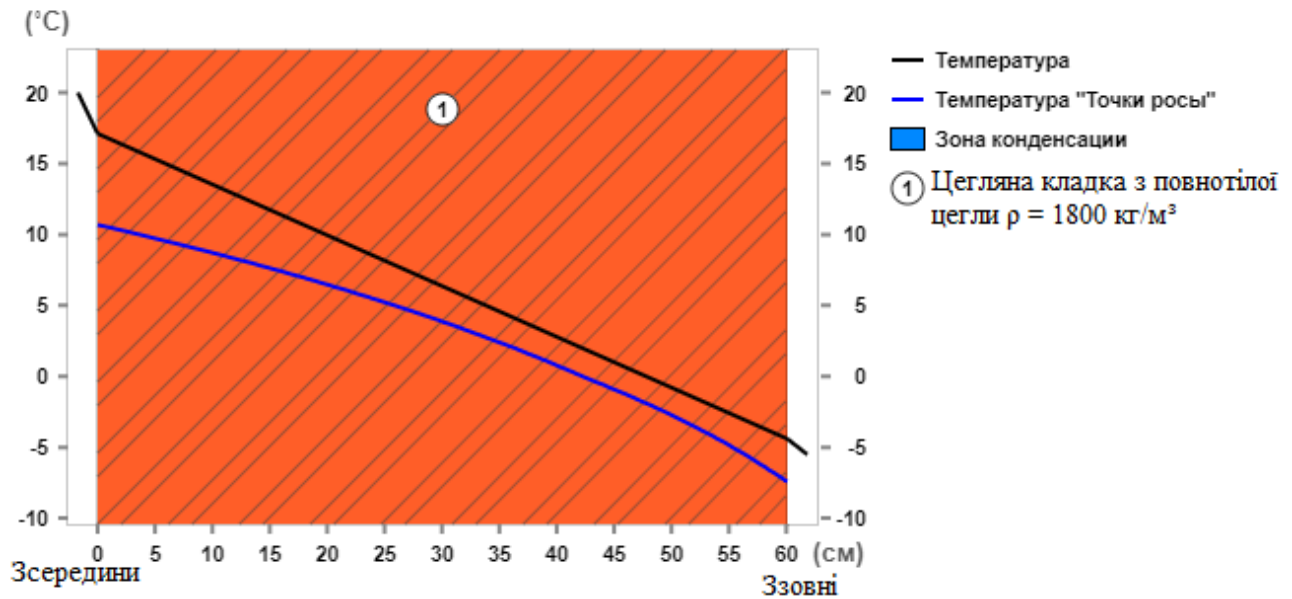


Рисунок 3.4. Результати розрахунку для цегляної стіни

Згідно з нормами ДБН В.2.6-31:2016 – мінімально допустимим значенням опору теплопередачі для зовнішньої стіни у житлових та громадських будівлях для м. Дніпро $R_{q \min} = 3.3 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$

Отже приведена стіна не відповідає нормам з теплоізоляції.

Виконаємо розрахунок для конструкції, що складається з даної стіни та утеплювальної панелі, для внутрішнього утеплення.

Варіант панелі з утеплювачем екструдований пінополістирол (щільність $\rho = 40 \text{ кг/м}^3$, коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0.039 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$).

Фактичний опір теплопередачі багатосарової стіни визначається:

$$R_0 = \frac{1}{a_b} + R_{ct} + R_{п} + \frac{1}{a_n} \quad (3.2)$$

$$R_n = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} \quad (3.3)$$

Де δ_1 - δ_6 товщини прошарків утеплювальної панелі, λ_1 - λ_6 їх відповідні коефіцієнти теплопровідності.

Отримали результат $R_0=3,38 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, що задовольняє нормам [53] (Рис.3.5).

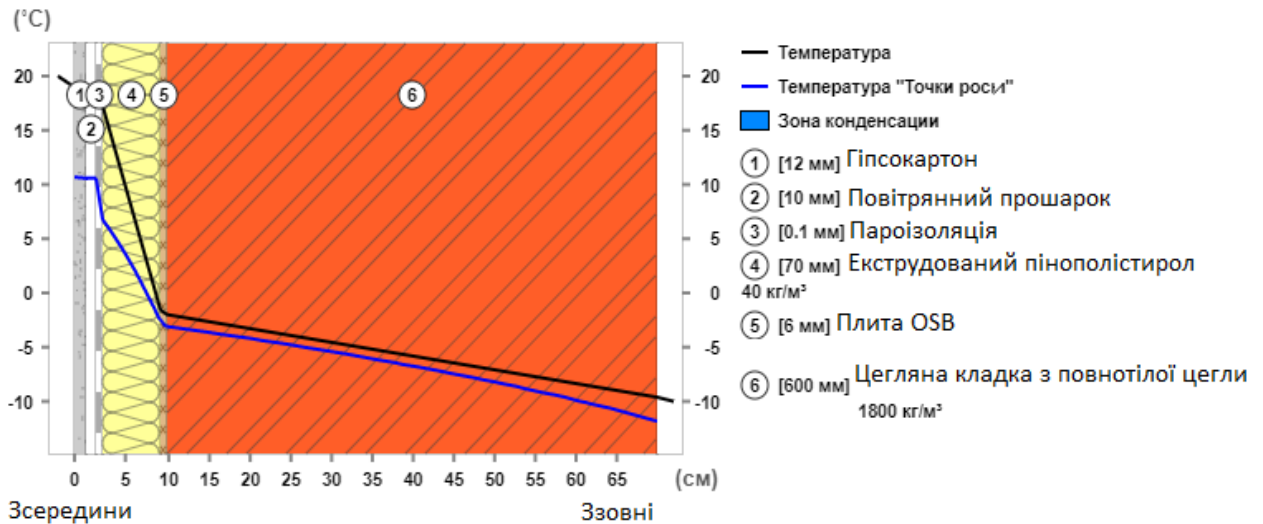


Рисунок 3.5. Результати розрахунку для стіни з утеплюючою панеллю

Коефіцієнт теплопередачі для такої конструкції дорівнює:

$$K = \frac{1}{R_0} \quad (3.4)$$

$$K = 0.29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Розраховано величину питомого теплового потоку в разі теплопередачі для даної конструкції

$$Q = \frac{t_2 - t_x}{\frac{1}{a_e} + R_n + R_{cm} + \frac{1}{a_n}} = K \Delta t \quad (3.5)$$

Виконаємо розрахунок для температур $t_1=20 \text{ °C}$ та $t_x=-5,5 \text{ °C}$, t_r – температура що повинна бути у житлових приміщеннях за санітарними нормами t_x – середньомісячна температура найхолоднішого місяця року січня [53].

$$Q=7,2 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

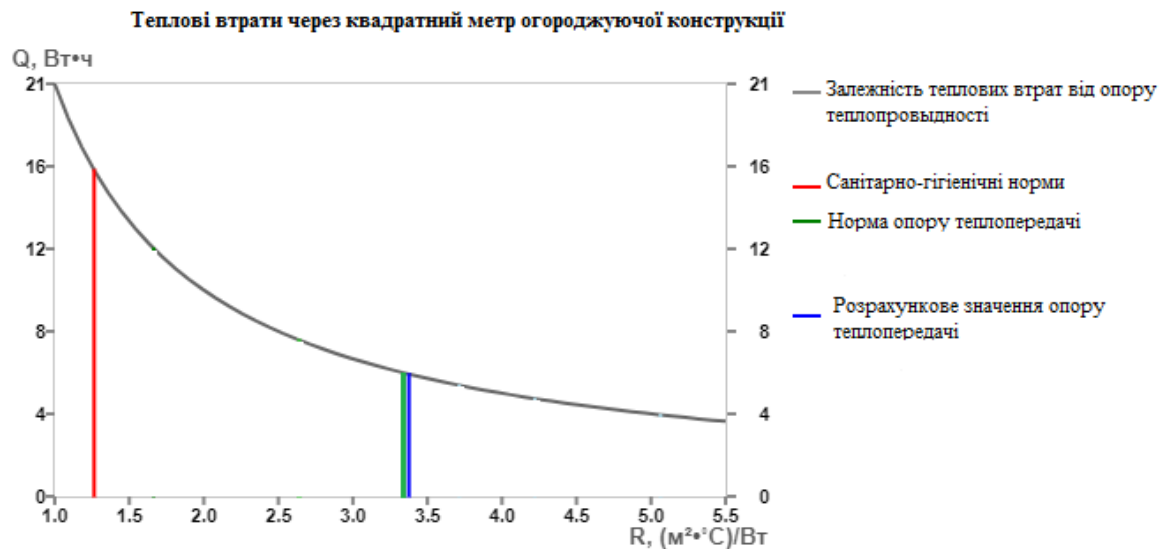


Рисунок 3.6. Залежність теплових втрат від опору теплопередачі

3.4. Оцінка економічної ефективності і термінів окупності розробленої конструкції утеплювальні панелей для зовнішніх огорож будівель

3.4.1. Економічні передумови застосування додаткового утеплення.

В основу теплотехнічного проектування огорожувальних конструкцій будівель за кордоном і в нашій країні до енергетичної кризи 70-х років був покладений принцип санітарно-технічної придатності до експлуатації, згідно з яким температура на внутрішній поверхні огороження щоб уникнути випадання конденсату не повинна опускатися нижче точки роси.

Потрібний опір теплопередачі огорож в залежності від кліматичної зони знаходився у межах 0,6 - 1,5 (м² · °С)/Вт.

Енергетична криза кардинально змінила підхід до оптимізації теплозахисту будівель. У зв'язку з різким подорожчанням палива на світовому ринку (в 10 і більше разів) принцип забезпечення одних тільки гігієнічних вимог виявився недостатнім. В основу теплотехнічної оптимізації був покладений економічний критерій мінімуму приведених витрат [54], що являє

собою суму капітальних вкладень і експлуатаційних витрат протягом нормативного терміну окупності капітальних вкладень:

$$\Pi = K + E T_n \quad (3.6)$$

або суму капітальних вкладень і експлуатаційних витрат, приведених до одного року експлуатації будівлі:

$$\Pi = E_n K + E \quad (3.7)$$

де: Π - приведені витрати на 1 м огорожі за період окупності або за рік; K - капітальні витрати на 1 м² огорожі; E - річні експлуатаційні витрати на 1 м² огорожі, основною часткою яких є вартість опалення; T_n - нормативний термін окупності додаткових капітальних вкладень; E_n - коефіцієнт ефективності додаткових капітальних вкладень [42].

Функція мінімуму приведених витрат являє собою криву, що отримується підсумовуванням капітальних витрат, прямо пропорційних товщині огорожі або його теплоізоляційного шару, і експлуатаційних витрат, які перебувають в обернено-експоненційній залежності від товщини огорожі. Мінімум функції відповідає мінімуму приведених витрат (рис.3.7) [46].

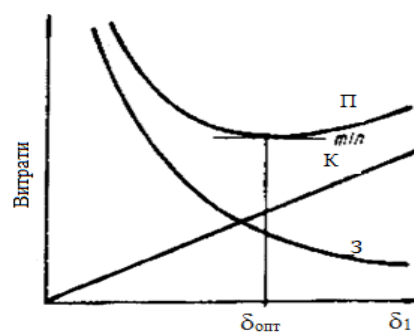


Рис. 3.7. Залежність витрат на огорожу від товщини теплоізоляційного шару: Π - приведені витрати; K - капітальні витрати (вартість огорожі); E - експлуатаційні витрати (витрати на опалення)

Оптимальна товщина огорожі, розрахована за критерієм приведених витрат, виявляється більшою, ніж розрахована за санітарно - гігієнічним умовам. Нарощувати товщину конструкції малоефективними теплоізоляторами - кам'яними матеріалами: цеглою, каменем, залізобетоном - недоцільно через велику терміну окупності капіталовкладень, а також надмірної масивності огорож. Виникає необхідність в багатошарових конструкціях, товщина масивного кам'яного шару яких забезпечує несучу здатність, а основну теплоізолюючу функцію виконує шар ефективного утеплювача з низьким коефіцієнтом теплопровідності.

Крім переваг, пов'язаних зі зменшенням експлуатаційних витрат тепла на опалення, виробництво багатошарових конструкцій вигідно через відносно низьку енергоємності виготовлення ефективних утеплювачів. За підрахунками російських фахівців застосування тришарових керамзитобетонних панелей з утеплювачем з пінополістиролу веде до зниження сумарного витрати тепла за рік експлуатації на 35 - 50%, з утеплювачем з мінераловатних плит - в середньому на 40% [44].

Для оцінки економічної ефективності додаткової теплоізоляції будівель в різних країнах існують різні методики. У Німеччині, наприклад, при виборі оптимального рішення стін будівель, що реконструюються [42] використовуються наступні показники: відношення одноразових витрат до щорічної економії енергії опалювальної системи завдяки пристрою теплоізоляції, коефіцієнт F ; відношення приведених витрат до щорічної економії енергії опалювальної системи; відношення одноразових витрат до приведеними витратами.

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

$$n = a_0 + a_i \Delta R \quad (3.8)$$

де: a_i - коефіцієнт, пропорційний вартості теплоізоляції, що приймається за будівельними нормами TGL 35 424/07; a_0 - частина витрат, яка визначається конструктивним рішенням і незалежна від товщини шару утеплювача (враховує, наприклад, вартість кріплення, штукатурку і т. д.); $\Delta R = R_1 - R_2$ поліпшення термічного опору стіновий конструкції введенням додаткової теплоізоляції.

Згідно з методикою, розробленою фахівцями Вищої школи архітектури та будівництва м Веймар [42], щорічні витрати на опалення будинку визначаються за формулою:

$$E = \frac{\Delta\theta * b}{R} \quad (3.9)$$

де: $\Delta\theta$ - розрахункова різниця між температурою зовнішнього і внутрішнього повітря; b - тривалість опалювального періоду.

З урахуванням наведених формул вираз для показника F отримує вид:

$$F = \frac{(a_0 + a_i * \Delta R) * R_1 * R_2}{\Delta R * \Delta\theta * b} \quad (3.10)$$

Мінімальне значення цього виразу визначають вибором з декількох варіантів конструктивних рішень при зростаючих товщинах шару утеплювача. На рис. 3.8 показаний характер графічної залежності коефіцієнта F від опору теплопередачі для трьох різних конструктивних рішень.

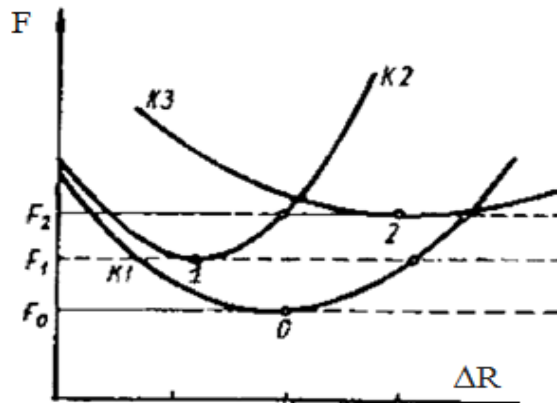


Рис. 3.8 Залежність показника витрат F від термічного опору ΔR шару ефективного утеплювача для трьох конструктивних рішень

За методикою, розробленою в Німеччині [42], в якості критеріїв економічної ефективності використовується час окупності і коефіцієнт рентабельності A , що є відношенням щорічної економії коштів на відшкодування тепловтрат через 1 м^2 площі стін - ΔK_v до одночасових затрат на поліпшення теплоізоляції 1 м^2 стін, ΔK_i :

$$A = \frac{\Delta K_e}{\Delta K_i} \quad (3.11)$$

ΔK_e визначається за формулою:

$$\Delta K_e = \frac{8,64 * \Delta K_m * G * K_e}{100 * \eta * H_u} \quad (3.12)$$

де: ΔK_m - різницю коефіцієнтів теплопередачі нетеплоізолюваної і теплоізолюваної конструкцій; G - число опалювальних градусо-годин; K_e - витрати на одиницю поставки палива; η - к.к.д. опалювальної системи; H_u - нижча теплотворна здатність палива.

Формула одноразових витрат має вигляд:

$$\Delta K_i = d * K_i + K_a \quad (3.13)$$

де: K_a – постійна частина одноразових витрат; d - товщина шару утеплювача; K_i - вартість одиниці товщини утеплювача.

Оптимальна товщина шару утеплювача визначається за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{100 \cdot \lambda \cdot K_a}{K_o \cdot K_i}} \quad (3.14)$$

де: λ - коефіцієнт теплопровідності утеплювача; K_o - коефіцієнт теплопередачі вихідної конструкції.

3.4.2. Оцінка економічної ефективності і визначення терміну окупності розроблено конструкцію внутрішніх утеплювальних панелей.

Для визначення економічної ефективності розроблених конструкцій утеплювальних панелей для зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків була складена локальний кошторис витрат матеріалів і витрат на виготовлення, складання і установку внутрішніх утеплювальних панелей, складена в цінах вересня 2018 р. (табл.3.1).

Таблиця 3.1

№ п/п	Шифр норми	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Ціна	Вартість
1	ЕН 10-5-1	Установлення елементів каркасу із брусів	м ³	0,012	2897,1	34,77
2	Е34-60-15	Облицювання каркасів неперфорованими плитами OSB	100 м ²	0,0091	12089	110,01
3	Е34-57-4	Заповнення каркасів	100 м ²	0,0072	2523,8	18,17
4	Е12-20-3	Улаштування пароізоляції прокладної в один шар	100 м ²	0,0091	535,17	4,87
5	ЕН15-66-1	Облицювання каркасів	100 м ²	0,0091	3701,6	33,68
6	С112-24	Бруски обрізні	м ³	0,012	4854	58,25
7	С111-1716-2	Пароізоляція	м ²	0,91	11,56	10,52
8	С114-97-156	Плити пінополістирольні товщиною 70 мм	м ²	0,91	130,5	118,76
9	С111-741-6	Плита OSB товщиною 6 мм	м ²	0,91	86,16	78,41
10	С1428-11867-12	Листи гіпсокартонні, товщина 12 мм	м ²	0,91	27,8	25,30
11	ЕН 10-94-3	Утеплення стін панелями в один шар	100 м ²	0,0091	4750,3	43,23
Ціна утеплюючої панелі						535,96

Для визначення терміну окупності розроблених конструкцій внутрішніх утеплювальних панелей використовувалися наступні дані і формули:

$$T = \frac{K_e}{K_{ек}} \quad (3.15)$$

$$K_{ек} = \Delta Q_{ек} * n \quad (3.16)$$

$$\Delta Q_{ек} = Q_1 - Q_2 \quad (3.17)$$

$$Q_1 = q_1^{pac} * z = (t_{ен} - t_{нн}) * \frac{z}{R_{cm}} \quad (3.18)$$

$$Q_2 = q_2^{pac} * z = (t_{ен} - t_{нн}) * \frac{z}{R_{cm} + R_n} \quad (3.19)$$

де: T - термін окупності додаткових капітальних вкладень; K_e - одноразові витрати на підвищення теплоізоляції 1 м² зовнішньої стіни при установці утеплювача панелі; $K_{ек}$ - кількість коштів за рахунок економії енергії системи опалення при утепленні 1 м поверхні зовнішньої стіни, руб .; $\Delta Q_{ек}$ - частка зекономленої енергії системи опалення при установці утеплювальних панелей для зовнішніх стін будівель, ккал/опал.сезон; n - вартість 1 ккал в грн. (Витрати на одиницю поставки палива), $n = (0,000263 / 30) 172 = 0,0078088$ грн. за опал.сезон при вартості 1 Гкал = 1362,8 грн / міс. на 01.12.2018 р для житлових будівель у м. Дніпро; Q_1 - теплові втрати на 1 м² площі не теплоізолюваної огорожувальної конструкції, ккал / опал.сезон, (Вт / м² за опал.сез); Q_2 - теплові втрати на 1 м² площі зовнішньої стіни з утеплювальною панеллю, ккал / опалення. сезон (Вт / м² за опал.сез); q_1^{pac} , q_2^{pac} - розрахункові теплові потоки через не утеплені і утеплену захисну конструкцію відповідно при температурі на внутрішній поверхні огородження $t_{ен}=20$ °С і температурі на зовнішній поверхні огородження $t_{нн}$ при середній температурі за опалювальний період для кліматичних умов м. Дніпро : $t_{опал.пер.} = -0,6$ °С; R_{cm} , R_n - термічний опір огорожувальної конструкції зовнішньої стіни і утеплювача панелі відповідно при використанні даних: $R_{cm} =$

$1,01(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, $R_n = 2,37 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$; z - час роботи системи опалення в рік, $z = 24 * 172 = 4128$ год/рік.

$$1) Q_1 = (20 - (-0,6)) * 4128 / 1.01 = 84194.8 \text{ Вт} / \text{м}^2,$$

$$2) Q_2 = (20 - (-0,6)) * 4128 / 3,38 = 25158,8 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

$$3) \Delta Q_{ек} = 84194,8 - 25158,8 = 59036 \text{ Вт} / \text{м}^2 = 50761,7 \text{ ккал за опал.сез.}$$

$$4) K_{ек} = 50761,7 * 0,0078088 = 396,4 \text{ грн} / \text{опал. сез.}$$

$$5) T = \frac{744,38}{396,4} = 1.87 \approx 2 \text{ опалювальних сезона}$$

Таким чином, з наведених розрахунків видно, що кількість зекономленої енергії системи опалення при установці утеплювальних панелей складе в середньому 59036 Вт (50761,7 ккал) за опалювальний сезон на 1 м² поверхні зовнішньої стіни, а термін окупності при вартості 1 м² утеплення такими панелями 744,38 грн складе приблизно 1.87-2 опалювальні сезони, що значно менше вартості 1 м² зовнішньої теплоізоляції будівель. Для порівняння: при облицюванні же цеглою вартість робіт по утепленню зростає на 30%, а при застосуванні декоративних екранів ("вентильований фасад") вартість зростає в 1,8-2 рази (в залежності від вартості використовуваних екранів). Розрахунки показують, що за рахунок економії тепла збільшення одноразових витрат у знову споруджуваних будинків окупається протягом 7-8 років, а в існуючих будинках при зовнішньому утепленні - протягом 5 - 10 років в залежності від прийнятого конструктивного варіанту [41].

Як приклад для типового великопанельного житлового 9-ти поверхового будинку серії ЛГ-602, із загальною площею зовнішніх стін 1743,84 м², кількість зекономленої енергії системи опалення при використанні для утеплення зовнішніх стін розроблених внутрішніх утеплювальних панелей складе в середньому 80 Гкал (93000 кВт), що складе приблизно 109024 грн за один опалювальний період, при середній вартості 1 Гкал тепла – 1362,8 грн / міс для м. Дніпро станом на 01.12.2018 [61].

3.5. Висновки по розділу 3

Проведені розрахунки підтвердили ефективність розробленої конструкції панелі для внутрішнього утеплення зовнішніх стін будівель.

Розроблена конструкція панелі показала свою ефективність, так як умовний коефіцієнт теплопровідності панелі λ склав 0,031 - 0,039 Вт/(м · °С) при товщині панелі 9 см (що і планувалося отримати).

В результаті розрахунку тепловологісного режиму зовнішнього огороження при установці в приміщенні утеплювальної панелі планується виявити відсутність конденсації вологи на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції і в товщі огороження.

Отримані в результаті розрахунків внутрішні коефіцієнти тепловіддачі утеплюючої панелі та зовнішньої стіни виявилися меншими коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, пропонованого будівельними нормами [53].

Проведена оцінка економічної ефективності і визначення терміну окупності утеплювальних панелей ($T = 2$ опал.сезону) довели ефективність таких конструкцій для внутрішнього утеплення.

Рекомендується при виробництві даних панелей облицювання панелей покривати шаром світлої фарби для підвищення відбивної здатності, зменшення променевого теплообміну і загального підвищення термічного опору конструкції.

При установці утеплювальних панелей обов'язково слід передбачати пароізоляційний шар на внутрішній поверхні зовнішньої стіни, для запобігання накопичення вологи в товщі огороження.

Застосування розроблених конструкцій утеплювальних панелей для додаткової теплоізоляції зовнішніх стін приміщень дозволяє зменшити тепловтрати не менше, ніж в 2 рази для кліматичних умов м.Дніпра навіть при відсутності зовнішнього утеплення, яке в цілому ряді випадків взагалі виконати

не можливо. Одночасно підвищується комфортність теплового режиму будівлі, так як збільшується температура на внутрішній поверхні зовнішніх стін. Наявність у пристрої пароізоляційного шару істотно знижує надходження вологи в зовнішні стіни, які протягом опалювального періоду будуть не зволожувати, а висихати, що підвищить теплозахисні властивості зовнішніх огорожень орієнтовно на 30%.

РОЗДІЛ 4

ВІДНОВЛЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ СТІН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ УТЕПЛЮЮЧИХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ

4.1. Способи утеплення будинків

З метою підвищення теплозахисту існуючого житлового фонду рекомендується додаткове утеплення будівель зовні та зсередини.

Залежно від розташування утеплювача в огорожувальній конструкції існують три основні типи теплоізоляційних систем:

Утеплювач розташований з внутрішньої сторони огорожувальної конструкції.

Утеплювач знаходиться всередині самої огорожувальної конструкції (колодязна кладка, багат шарові стінові панелі).

Утеплювач розташований зовні огорожувальної конструкції.

Розташування утеплювача всередині самої огорожувальної конструкції в основному можливо тільки для споруджуваних будинків. Особливості таких конструкцій, їх переваги і недоліки були детально викладені раніше. Слід зазначити, що при такій системі захисна конструкція виконується з двох паралельних стінок, з'єднаних між собою зв'язками, а що утворюється між ними простір заповнюється утеплювачем. Внутрішня стінка є несучою, а зовнішня захищає утеплювач від атмосферного впливу. Монтувати систему можна при негативних температурах. Однак вона має і суттєві недоліки. По-перше, під огорожувальні конструкції потрібно більш об'ємний і дорогий фундамент. По-друге, може з'явитися волога між зовнішньою і внутрішньою стінками на теплоізоляційний матеріал і внутрішньої поверхні зовнішньої стінки.

Найбільш ефективні для використання в будівлях вдосконалені конструкції багат шарових огорожень, функціональні можливості яких можна розширити шляхом введення в склад огорожі інших ефективних шарів - замкнутих і вентиляваних повітряних прошарків, що відбивають плівку і

пластин, селективних покриттів тощо, а також шляхом більш раціонального розташування конструктивних шарів і використання конструктивних рішень по утилізації тепла минає повітря приміщень.

4.2. Вплив повітряних прошарків у зовнішніх огорожень на теплову ефективність будівлі

Одним з найбільш ефективних способів поліпшення теплозахисних показників зовнішніх стін і покриттів є пристрій в зовнішніх огороженнях замкнутих і вентиляваних повітряних прошарків. Оскільки, повітря практично нічого не важить і не створює додаткових навантажень на фундамент, а так само повітря нічого не варто, тому пристрій повітряних прошарків веде лише до незначного подорожчання конструкції [52].

Включення повітряних прошарків до складу конструкції сприяє поліпшенню її теплозахисних властивостей, в тому числі підвищення теплостійкості огорожі. При наявності замкнутого повітряного прошарку збільшується термічний опір конструкції. За допомогою вентиляваного повітряного прошарку можна регулювати величину від сонячної радіації влітку і величину тепловтрат в зимовий період експлуатації. Зниження тепловтрат може бути досягнуто шляхом утилізації тепла повітря, що йде в вентиляваних прошарках зовнішніх стін, світлових і покриттів будівель. Використання таких конструктивних рішень по утилізації тепла дозволяє зменшити енерговитрати на вентиляцію будівлі на 20 - 40% [8].

Останнім часом отримало широке поширення виконання зовнішніх стін у вигляді шаруватих конструкцій, що складаються з газобетонних блоків, товщиною 200 мм, утеплювача, завтовшки 120 мм, повітряного прошарку, товщиною 20 мм і цегляної кладки. Недоліком даної конструкції огорожі є те, що зимову пору року холодне повітря, що проникає в конструкцію через вертикальні порожнечі в швах, часто спостерігаються, призводить до поступового руйнування утеплювача і, якщо точка роси буде розміщена в

газобетонних блоків, це призведе до появи на поверхні місць відсирівання і як результат - цвілі [2].

На теплозахисні якості огорожувальних конструкцій, особливо їх світлопрозорих ділянок, впливають різні тепловідбиваючі матеріали селективні покриття, які зменшують величину променевої складової теплового потоку. Термічний опір світловікон при використанні світловідбиваючої плівки в просторі між листами скла збільшується приблизно в 1,5 рази, а при заміні в двошаровому склінні одного шару звичайного скла на спеціальне скло (теповідбивне) воно зростає в 1,2 -1,45 рази [8, 9, 26].

4.3. Внутрішнє і зовнішнє утеплення будинків

Для споруджуваних, незавершених будівництвом і реконструйованих будівель в конструктивному плані рішення принципово можна уявити в двох варіантах - при розташуванні утеплювача із зовнішнього боку несучої стіни (система зовнішньої теплоізоляції) або з внутрішньої (система внутрішньої теплоізоляції). Переваги кожного оцінюються за впливом на довговічність кам'яної конструкції, енергозберігаючої ефективності, економії корисної площі будівлі, по санітарно-гігієнічним, естетичним і технологічними показниками, а також враховуються особливості експлуатації будівлі.

Питання про те, де повинна встановлюватися теплоізоляція (зовні або всередині) зовнішніх стін, в більшій мірі залежить від конструктивних особливостей. Якщо зовнішні поверхні стін потребують ремонту, то для укладання додаткової теплоізоляції вибирається зовнішня поверхня стін. З іншого боку, в деяких будівлях, наприклад архітектурні та історичні пам'ятники, установка теплоізоляції зовні не представляється можливим через необхідність збереження первісного вигляду будівлі, тому єдиним рішенням є застосування внутрішньої теплоізоляції.

4.3.1. Системи зовнішньої теплоізоляції будівель.

Системи зовнішньої теплоізоляції (СЗТІ) з пінопластом, мінераловатними або іншими плитами вперше з'явилися на ринку в сімдесяті роки і з тих пір з успіхом використовувалися в будівництві. З 1973 по 1993 рр. в Німеччині близько 300 млн. кв. м фасадів були утеплені таким способом, що дозволило заощадити кількість опалювальної енергії, еквівалентну отримується при спалюванні близько 18 млрд. л. мазуту. Таким чином, теплоізоляція призводить до економії енергії і тим самим дозволяє скоротити емісію шкідливих речовин що, в свою чергу, веде до заощадження сировинних ресурсів та збереження навколишнього середовища [17].

Крім економії енергії, СЗТІ сприяє підвищенню якості та комфортності осель, зниження ймовірності появи дефектів будівель, що підвищує цінність нерухомості.

В результаті використання СЗТІ (рис. 4.2., 4.3., 4.4., 4.5.) скорочуються витрати при будівництві за рахунок використання більш дешевих стінових матеріалів і зменшення товщини стін. Теплоізоляція не тільки при будівництві, але і при реконструкції фасадів, які потребують і без того в ремонті, завжди представляється доцільним сануючих і інвестиційним заходом.

Переваги використання СЗТІ послужили тому, що в багатьох країнах їх застосування отримало державну підтримку.

Системи, що з'явилися на ринку на початку сімдесятих років, включали пастоподібний дисперсійний клей, до якого на будівельних об'єктах домішували цемент. За допомогою цієї маси плити з пінополістиролу приклеювали на ізольовані стіни і, як правило, на поверхні плит закріплювали склосітку в армований шар. Після ґрунтовки армуючого шару в якості оздоблювального покриття наносилися переважно штукатурки, приготовані на основі сполучного з дисперсійних синтетичних смол (рис. 4.1., 4.2.) [23, 36, 41, 51].

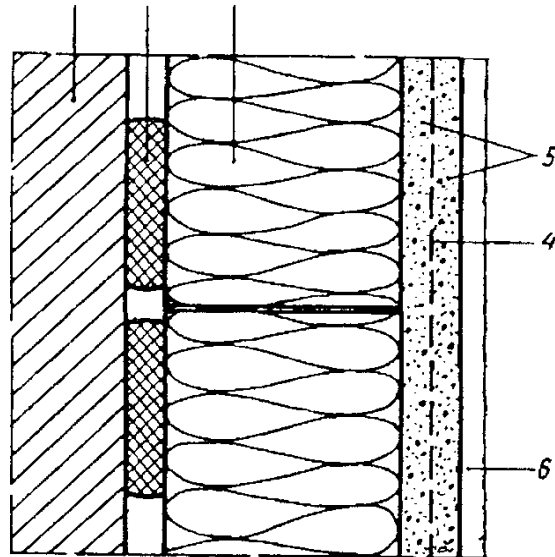


Рис. 4.1. Конструкція стіни з зовнішньою теплоізоляцією з оштукатурюванням плитного утеплювача: 1 - цегляна або кам'яна стіна; 2 - клей; 3- плитний утеплювач; 4 - армована сітка; 5 - штукатурні покриття; 6 - зовнішній декоративний шар покриття

Якщо в якості утеплювача в СЗТІ застосовується пінополістирол, котрий є горючим матеріалом, штукатурний оздоблювальний шар, повинен служити не тільки захистом від атмосферних впливів на утеплювальний шар, але і протипожежним захистом плит пінополістиролу.

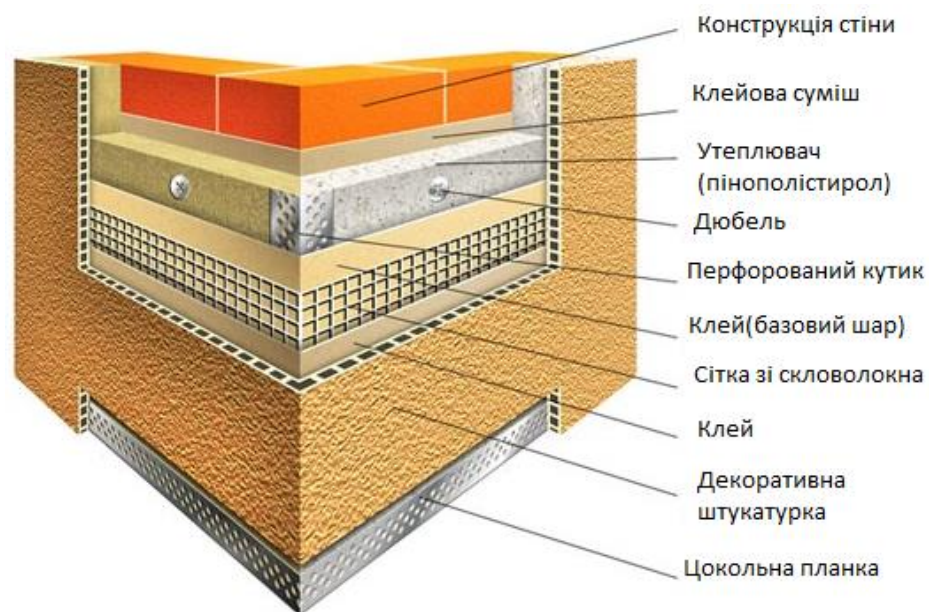


Рис. 4.2. Основні елементні шари, що входять в систему «Теплий дім»

В даний час в Європі використовується широкий спектр ізолюючих матеріалів, але переважно - пінополістирольні плити; в незначних обсягах - плити з поліуретану, пробки або деревного волокна. СЗТІ з плитами з пінополістиролу відповідають класу пожаростойкости Б1 (стандарт в Німеччині), а для фасадів вище 20 м і негорючих систем застосовуються плити з мінераловатної волокна. Необхідною умовою монтажу таких систем є достатня міцність матеріалів, з яких виконана стіна. При наявності внутрішньої або проміжної теплоізоляції в деяких випадках може знадобитися організація внутрішньої пароізоляції.

Усі пропоновані системи ("Dryvit" (США), "Senergy" (США), "Тех-Со1ог" (Німеччина), "Ceresit" (Польща) та ін.) Конструктивно схожі один на одного і відрізняються в основному видом утеплювача , хімічним складом і товщиною захисного і клейового шару, фірмою-виробником армуючої сітки, типом кріпильних елементів. Вони все частіше застосовуються у вітчизняному будівництві, хоча їх вартість досить висока (близько 80 USD/м). Технічні характеристики матеріалів цих систем дозволяють виконувати монтаж при температурі навколишнього повітря не нижче +5 ° С).

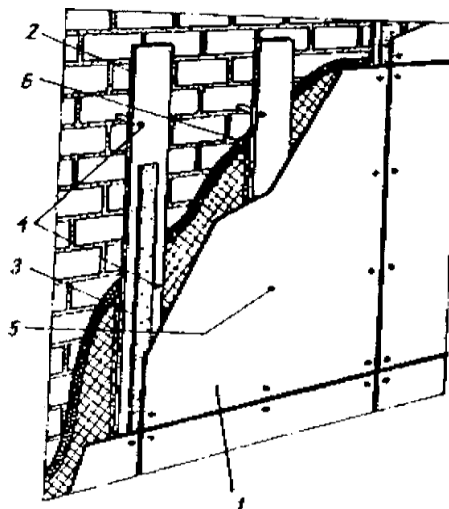


Рис. 4.3. Система зовнішньої теплоізоляції з облицюванням на віднесенні:
 1 - азбестоцементні листові елементи облицювання; 2 - елемент каркаса - азбестоцементная смуга; 3 - м'яка ПВХ стрічка; 4, 5 - анкери для кріплення каркаса до стіни і облицювальний елемент до каркасу; 6 - утеплювач.

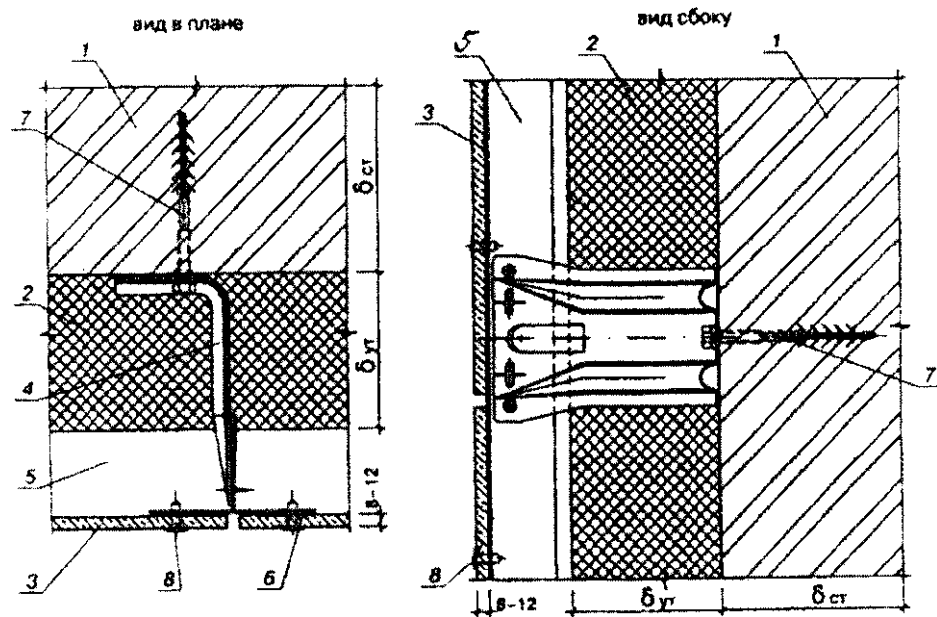


Рис. 4.4. Система утеплення стін із захисним екраном (стеклофібробетона плити); 1 - утеплювачі стіни, 2 - утеплювач, 3 - стеклофібробетона плити, 4 - кріпильний елемент, 5 - вентиляований повітряний зазор, 6 - вертикальний профіль з корозійно-стійкого металу, 7 - дюбель, 8 - самонарізні гвинти або заклепки

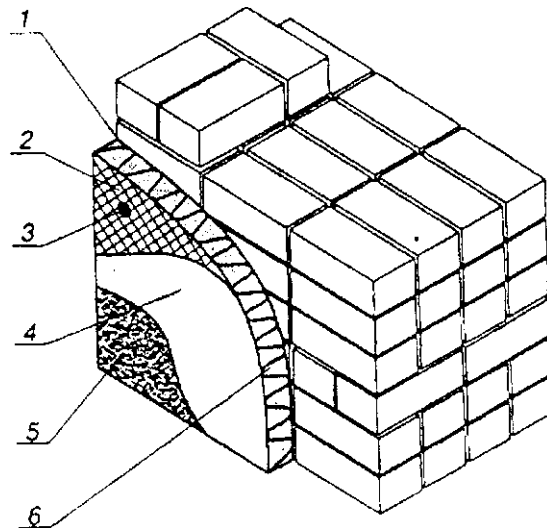


Рис. 4.5. Багатокомпонентна система «Шуба плюс». 1 - клейовий склад «Шуба-КВ», 2 - армована сітка зі скловолокна, 3 - дюбель, 4 - захисне покриття «Шуба-АЗ», 5 - декоративне покриття, 6 - утеплювач.

В останні роки на будівельному ринку з'явилися вітчизняні системи теплоізоляції фасадів. Фірма "Еверест" з 1993 р розробляла систему теплоізоляції фасадів, яка отримала назву "Шуба плюс" (рис. 4.5.) [50].

В якості основного утеплювача можуть використовуватися плити з мінеральних базальтових волокон фірм "Rockwool" (Данія) або "PAROC" (Фінляндія) з теплопровідністю 0,035 - 0,045 Вт/(м·°С) і товщиною 25 – 150 мм.

Довговічність конструкції (більше 30 років) і мала маса (менше 20 кг/м) дозволяють використовувати систему при реконструкції старих і будівництвом нових будівель.

За допомогою технології "Термошуба" була здійснена теплоізоляція понад 100 об'єктів загальною площею 140 тис. кв. м. Серед них - житлові будинки, в тому числі 12 - 16-ти поверхові, адміністративні будівлі, залізничні вокзали, школи [41].

Системи зовнішньої теплоізоляції з захисно-декоративним шаром по утеплювачу застосовуються в Україні порівняно недавно, але вже існують критерії оцінки їх придатності для будівництва на території нашої країни.

В даний час в промисловому і цивільному будівництві України застосовуються системи класу А1 і А2, а також класу В1 в індивідуальному будівництві. Правда, широке застосування ці системи отримати не можуть через їх не низькою вартістю - від 35 \$ і вище за 1 м².

Зазначені міркування лягли в основу технічних рішень утеплення стін існуючих будівель, зокрема розроблені системи утеплення з оштукатурюванням фасадів; системи утеплення з захисно-декоративним екраном; системи утеплення з облицюванням цеглою або іншими дрібноштучних матеріалами (рис.4.6) [24].

Крім зазначених вище переваг систем зовнішньої теплоізоляції, ці системи мають і низку недоліків.

Істотний недолік системи утеплення зовнішнього огороження, представленого на рис. 4.3., а також інших систем утеплення з облицюванням

панелями, навішують на спеціальні каркаси, полягає в наступному. Дані технічні рішення в своїй більшості мають відкриті стики між облицювальними плитами, при яких спостерігається висока водопроникність облицювання і велике зволоження утеплювача, а, отже, недовговічність всієї системи утеплення в цілому.

При зовнішньому розташуванні утеплювача виникає необхідність суцільного утеплення, а не вибіркового, в залежності від технічного стану; сезонність виконання деяких видів ремонтно-будівельних робіт; пристрій лісів зовні будівлі; зміни зовнішнього вигляду фасадів будівлі. Крім того, розташований зовні утеплювач необхідно захищати від атмосферних впливів одним з двох способів:

а) захисним екраном (рис. 4.4.), (теплоізоляційна система з вентиляльованим фасадом);

б) штукатурних захисно-декоративним шаром (система зовнішньої теплоізоляції з захисно-декоративним шаром по утеплювачу, рис. 4.2.).

Слід також зазначити, що установка СЗТІ в даний час є досить дорогим заходом і становить в середньому від 30 до 60 доларів США за один м площі при використанні вітчизняних матеріалів для утеплення.

Теплоізоляційна система з вентиляльованим фасадом є дорогою (від 60 \$ за м) і має обмеження в застосуванні для будівель зі складною архітектурою, а також випадках, коли необхідне точне відтворення первісного вигляду фасаду (реконструкція старих будівель, історичних пам'яток).

Система зовнішньої теплоізоляції з захисно-декоративним шаром з утеплення застосовується в багатьох країнах Європи як основна система теплоізоляції фасадів. Наприклад, тільки в Німеччині в Протягом 1996 р. дана система була застосована на площі понад 43 млн. кв. м.

Однак слід зазначити, що в західноєвропейських країнах системи зовнішньої теплоізоляції з утеплювачем, захищеним від атмосферних впливів тонким шаром штукатурки при відносно теплом кліматі (середня температура зовнішнього повітря в січні $-4,6 \dots + 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, тривалість опалювального

періоду 100 - 150 діб) виявляються задовільними і досить довговічними. У зимовий період, який характеризується частими переходами температури зовнішнього повітря через 0 °С і зволоженням стін парообразною вологою, знижуються їх теплозахисні властивості. Становище ускладнюється недостатньою довговічністю і пожегобезопасністю полімерних і мінераловатних утеплювачів. Тому СЗТІ, що застосовуються у вітчизняній практиці, особливо з матеріалів, які не задовольняють вітчизняних нормативним вимогам по міцності, морозостійкості, товщині теплоізоляційного шару, пожежної безпеки та екології, не гарантує їх функціонування в заданому режимі протягом терміну служби будівлі [2, 28].

Таким чином, майже всі системи зовнішньої теплоізоляції будівель, що застосовуються в даний час, можна розділити на дві основні групи.

Перша група передбачає прикріплення утеплювача до поверхні стіни клеєм і дюбелями і нанесення на нього захисно-оздоблювального покриття з полімерного або полімерцементного складу, армованого одним або двома шарами стеклосетки (рис. 4.1., 4.2., 4.5., 4.6-а). У систем цієї групи передача навантаження від атмосферних впливів і від ваги захисно-оздоблювального покриття на стіну здійснюється через утеплювач.

Така система повинна пройти випробування не тільки довгострокової несучої здатності, а й здатності певний період зберігати первинні теплозахисні властивості при експлуатаційних впливах.

Вартість імпортованих систем утеплення зовнішніх стін цієї групи настільки висока, що термін їх окупності перевищує 50 років. Тому особливо необхідно мати дані про їх довговічності.

Друга група систем утеплення зовнішніх стін передбачає використання збірних облицювальних елементів, які кріпляться до спеціальних конструкцій (рис. 4.3., 4.4., 4.6-б.) [6, 41]. У цьому випадку між облицюванням і утеплювачем можливе утворення повітряного зазору (рис. 4.4.).

Недоліком цієї групи систем утеплення є необхідність використання спеціальних прокатних профілів і різноманітних герметиків. Це підвищує

термін окупності таких систем, який при використанні імпортованих матеріалів за деякими даними становить 100 і більше років [40].

4.3.2. Системи внутрішньої теплоізоляції будівель.

Системи внутрішньої теплоізоляції добре освоєні в зарубіжній будівельній практиці і є конкурентно-здатними із зовнішньою теплоізоляцією за рахунок більш низьких одноразових витрат.

Найбільш поширеними способами внутрішньої теплоізоляції, освоєними за кордоном, є наступні [40]:

Приклеювання або механічне кріплення до стін двошарових плит заводського виготовлення, що включають теплоізоляційний шар і гіпсокартонну облицювання; нанесення шару штукатурки по приклеєному до стін плитковий утеплювач; пристрій дублюючої стіну теплоізолюваної перегородки із застосуванням різних великоформатних плит заводського виготовлення; пристрій дублюючої теплоізолюваної перегородки із застосуванням цегляної або кам'яної кладки.

У кожному конкретному випадку конструкція вибирається залежно від вимог, що пред'являються до ударної міцності, вогнестійкості, тепло- і звукоізолюючої здатності, від клімату і вологого режиму приміщення.

Спосіб клейового або механічного кріплення до стін легких двошарових плит заводського виготовлення завдяки простоті технології та зручності в користуванні з плитами застосовується найбільш часто. Теплоізоляційний шар плит виконується з пінополістиролу, пінополіуретану, фенольного пінопласту, скло або мінераловолокнистих матеріалу і може мати різну товщину. Товщина гіпсокартонної облицювання становить зазвичай 10, рідше 12 або 15 мм. Звичайні розміри плит 2,8x1,2 м. У навчальних та деяких інших громадських будівлях для забезпечення більш високих вимог до вогнестійкості і звукоізоляції застосовують плити з мінерало- або скловолокнистим теплоізоляційним шаром. Клей наносять на плити мазками або смугами, що забезпечують повітряний зазор між стіною і плитою 5 - 10 мм (рис. 4.7-а). Для створення більш широкої повітряної порожнини плити наклеюють через

прокладки з плитного теплоізоляційного матеріалу (рис. 4.7-б.). Якщо стіна має виступи і нерівності, плити до стін кріплять механічно через дерев'яні рейки, просочені інсектофунгіцидним складом, або гнуті сталеві оцинковані профілі. Виступаючі кути посилюють куточком із сталевого оцинкованого листа, пластмаси або обклеюють смугою з тканини. У торець зазвичай закладають дерев'яний брус. У вологих приміщеннях під плити намонолічують бетонний цоколь або укладають пластмасовий швелер. Виступаючі кути посилюють куточком із сталевого оцинкованого листа, пластмаси або обклеюють смугою з тканини. У торець зазвичай закладають дерев'яний брус. У вологих приміщеннях під плити заливають бетонний цоколь або укладають пластмасовий швелер. Виступаючі кути посилюють куточком із сталевого оцинкованого листа, пластмаси або обклеюють смугою з тканини. У торець зазвичай закладають дерев'яний брус. У вологих приміщеннях під плити намонолічують бетонний цоколь або укладають пластмасовий швелер.

Як утеплювач під штукатурку використовують плити з пінополістиролу з жолобками у вигляді хвоста для кращого зчеплення з штукатурним шаром, а також цементно-стружкові плити і плити з пробки. Розчин, зазвичай гіпсовий, наносять товщиною 2 см (рис. 4.7 в.).

Внутрішня теплоізоляція у вигляді дублюючої стіну перегородки влаштовується при необхідності створення вентиляованого проміжку між стіною і системою теплоізоляції в умовах вологого (морського) клімату. Зазвичай застосовують тришарові плити заводського виготовлення з проміжним теплоізоляційним шаром і обшивками з гіпсокартонного листа (рис. 4.7-г). Також застосовують плити з гіпсокартонними обшивками і проміжним шаром у вигляді ґратчастої просторового картонного каркаса, цементно-стружкові і деревно-стружкові плити. Перегородку зводять звичайним способом по горизонтальних або вертикальних напрямних з дерев'яних брусів.

У тих приміщеннях, де пред'являються підвищені вимоги до механічної міцності стін, і в умовах дуже вологого клімату, застосовують конструкцію у вигляді дублюючої теплоізолированной перегородки з цегляною або кам'яною

кладкою. Кам'яну перегородку зводять товщиною 5 см по пружною прокладці (наприклад, з пробки), у вологих приміщеннях на бетонному цоколі. У проміжку між стіною і перегородкою закладають плитний утеплювач. Систему з'єднують зі стіною стрижневими анкерами з нержавіючої сталі, закріплюються в кладку стіни і перегородки з розрахунку 2 шт / м² (рис. 4.7-д).

У приміщеннях з вологим режимом експлуатації з боку приміщення влаштовують пароізоляційний шар. У приміщеннях зі звичайним режимом вологості дублюючу перегородку часто виконують з піноблоків гіпсових плит товщиною 5 - 6 см з розрахунку 3 шт / м², які одночасно служать утеплювачем. Для рівномірної передачі навантаження під плити влаштовують дерев'яний або бетонний цоколь.

Було розроблено, але не отримало широкого поширення кілька варіантів внутрішньої теплоізоляції стін : деревно-волокнисті плити товщиною 25 мм по асбомінватному напиленню 25 мм; штукатурний шар 20 мм по асбомінватному напиленню 25 мм; фенольно-резольний пінопласт 25 мм із зовнішнім шаром з гіпсокартонного листа 10 мм; один-два шари деревоволокнистих плит.

Системи теплоізоляції кріплять до стін на клеї або механічно за антисептованим дерев'яних рейок перетином 50x25 мм.

Фірма «Гіпрок», що займається «сухим будівництвом», для внутрішнього утеплення пропонує в якості поверхневого шару гіпсокартонні плити (вК 13, СЕК 13, си 6), які обов'язково передбачають додатковий пароізоляційний шар до шару теплоізоляції (мінеральної вати) з боку приміщення (рис.4.8.) .

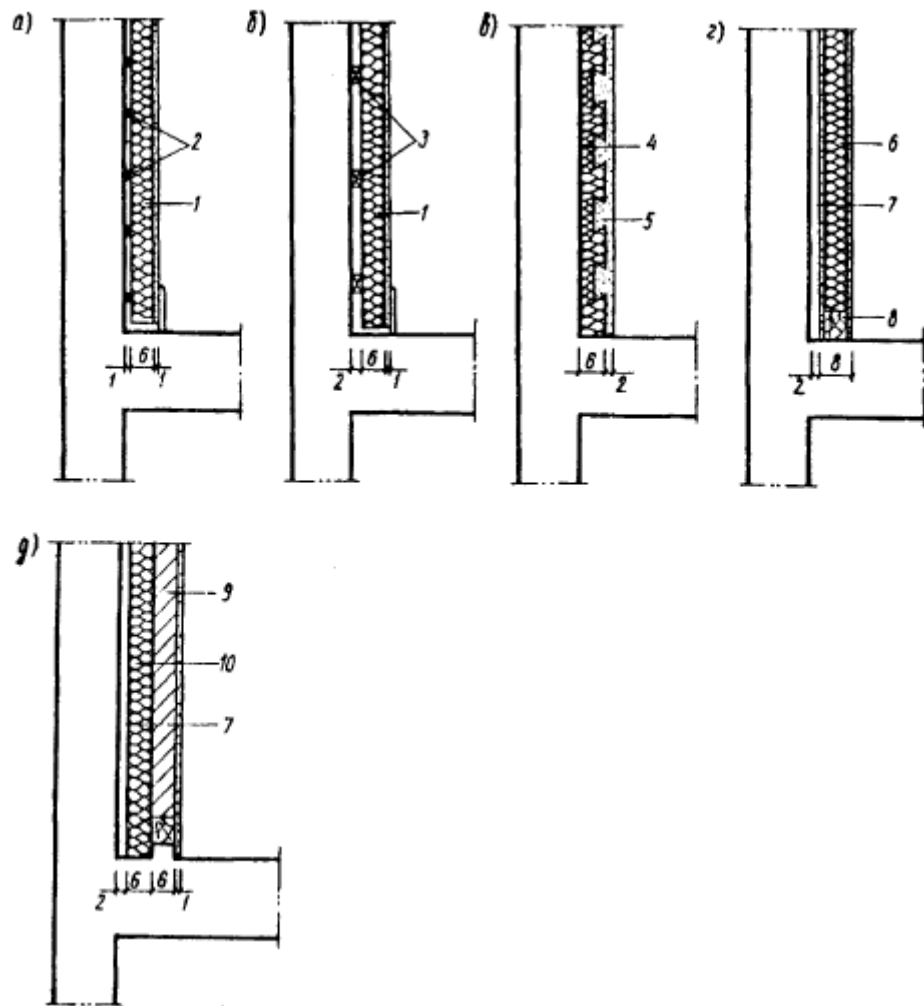


Рис. 4.7. Внутрішня теплоізоляція стін двошаровими плитами, приклеєними безпосередньо до стіни (а), через прокладки (б), з шаром штукатурки по приклеєного плитковий утеплювач (в), за допомогою дублюючої перегородки з тришарових плит (г) і з цегляної кладки і плитного утеплювача (д): 1 - двошаровий плита з ефективного утеплювача і гіпсокартонної облицювання; 2 - клей; 3 - прокладка; 4 - плитний утеплювач з жолобчастою поверхнею; 5 - штукатурка; 6 - тришарова плита з шару ефективного утеплювача з гіпсокартонними обшивками; 7 - повітряний проміжок; 8 - дерев'яний брус; 9 - оштукатурена кладка; 10 –плитний утеплювач

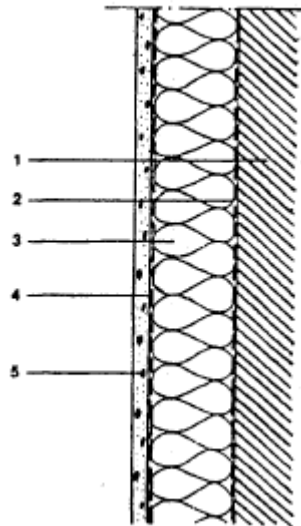


Рис. 4.8. Внутрішня теплоізоляція зовнішньої стіни: 1 - існуюча стіна, 2 - існуюче водонепроникне покриття, 3 - теплоізоляційний шар, 4 - новий бар'єр для вологості, 5 - гіпсокартонна плита

До недоліків систем внутрішньої теплоізоляції можна віднести: необхідність в деяких випадках виселення мешканців для проведення ремонтних робіт, скорочення житлової площі (незначне).

До переваг утеплення стін зсередини відносяться: вибіркоче виробництво ремонтних робіт, цілорічне виробництво робіт, можливість застосування великої різноманітності ефективних теплоізоляційних матеріалів; теплоізоляція не потребує захисту від атмосферних впливів, має біостійкість; є можливість нанесення на поверхні складної форми; ін'єкція спінюючих мас (матеріалів з мількоячею структурою і малої об'ємної масою) в конструкцію дає можливість отримати в пустотах панелей, а також в порожнинах між віконними і дверними коробками і стінами монолітну, що не має швів теплоізоляцію.

При внутрішньому утепленні знижується інерційність будівлі, огорожувальні конструкції швидше прогріваються до потрібної температури, швидше досягається комфортний стан усередині приміщень, так як внутрішня ізоляція є менш масивною і легшою в порівнянні з основним несучим шаром зовнішнього огороження. І тому потрібно менше нагрівання зовнішніх стін

системою опалення, скорочуються витрати тепла, що призводить до суттєвої економії енергетичних ресурсів.

4.4. Характеристики реконструюємого будинку

Для прикладу розглянемо застосування розробленої панелі у реальній будівлі.

Вибрано об'єкт, що можна знайти майже по всіх містах у нашій країні. Це типовий радянський проект будинків 1-443-5 (рис.4.9)

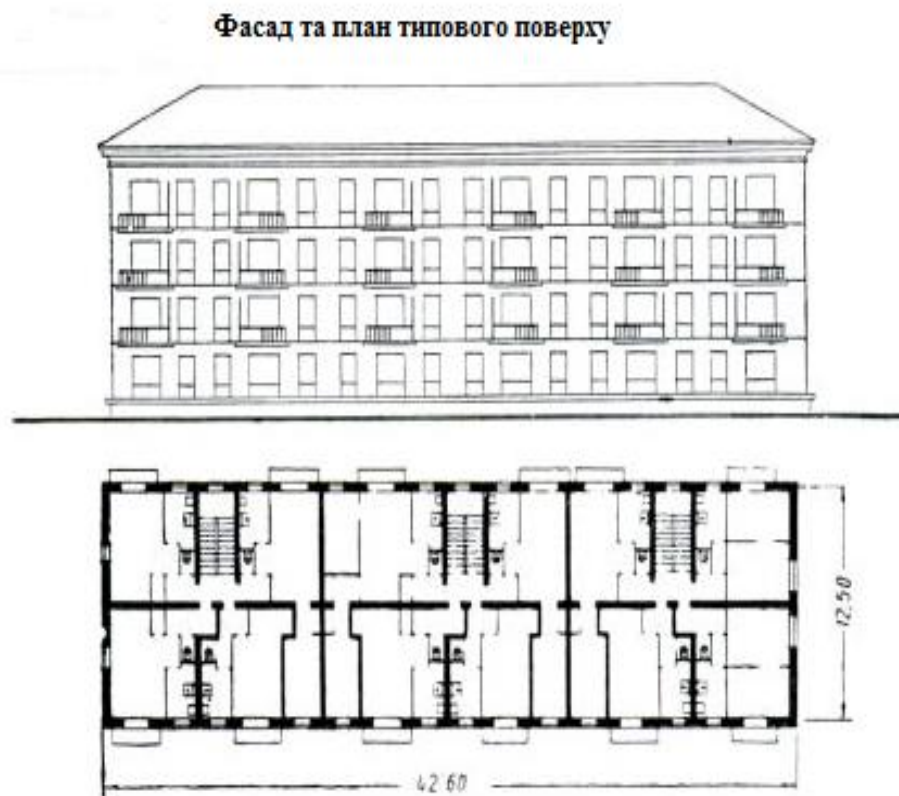


Рисунок 4.9. План житлового будинку за типовим проектом № 1-443-5

Цей будинок має такі характеристики (табл.4.1)

Таблиця 4.1

Характеристики житлового будинку

Серія будинків	1-143
Розробник	Київпроект (1957 г) (арх. Копоровский Г., Куликов Л., Книжник Р., Співак К. и др.)
Роки забудови	1957-1972
Поверховість будинків	4
Зовнішні стіни	Керамічна цегла товщиною 0,51 м
Внутрішні стіни	Цегла, гіпсоблоки
Перекриття	Круглопустотна з/б панель
Зовнішній вид фасаду	Без оздоблення
Тип кровлі	Вальмова, стропильна, 4-х скатна, покриття–хвилястий асбестоцементный лист (шифер)
Кількість під'їздів	3
Технічний поверх	Горище
Висота стелі	2,50 м
Секції	3
Габарити будинка	42,6*12,5 м

4.5. Теплотехнічний розрахунок для огорожуючої стінової конструкції обраного об'єкту

Було виконано теплотехнічний розрахунок для зовнішньої стіни цього будинку, що складається з цегляної кладки товщиною 0,51 м.

Розрахунок було виконано за формулою (3.1) і отримано результат $R_{ст} = 0,89 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$. (рис.4.10).

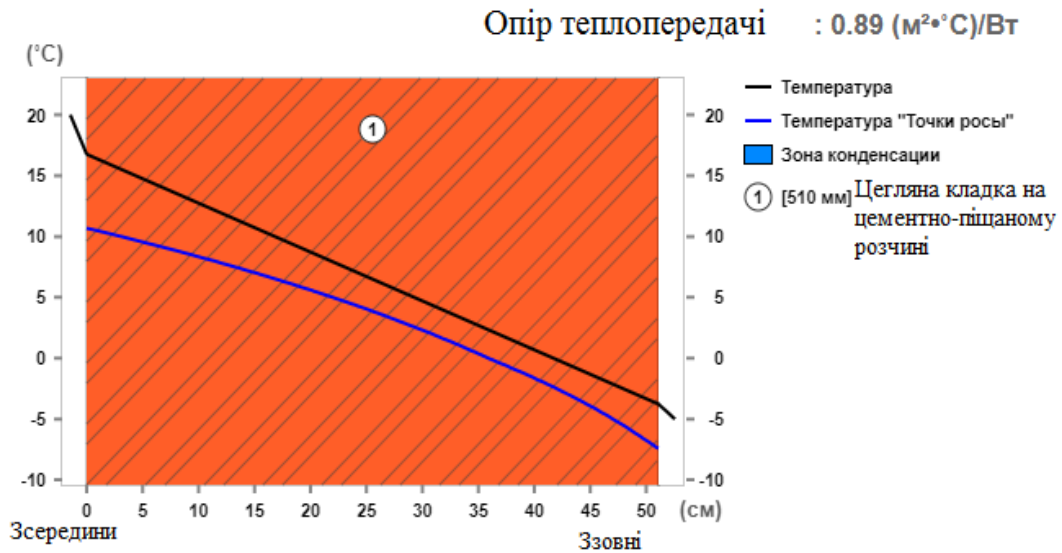


Рисунок 4.10. Результати розрахунку для цегляної стіни

При цьому питомий тепловий потік в разі теплопередачі для даної конструкції дорівнює згідно з формулою (3.5)

$$Q=28,7 \text{ Вт/м}^2$$

Теплові втрати через квадратний метр огорожуючої конструкції

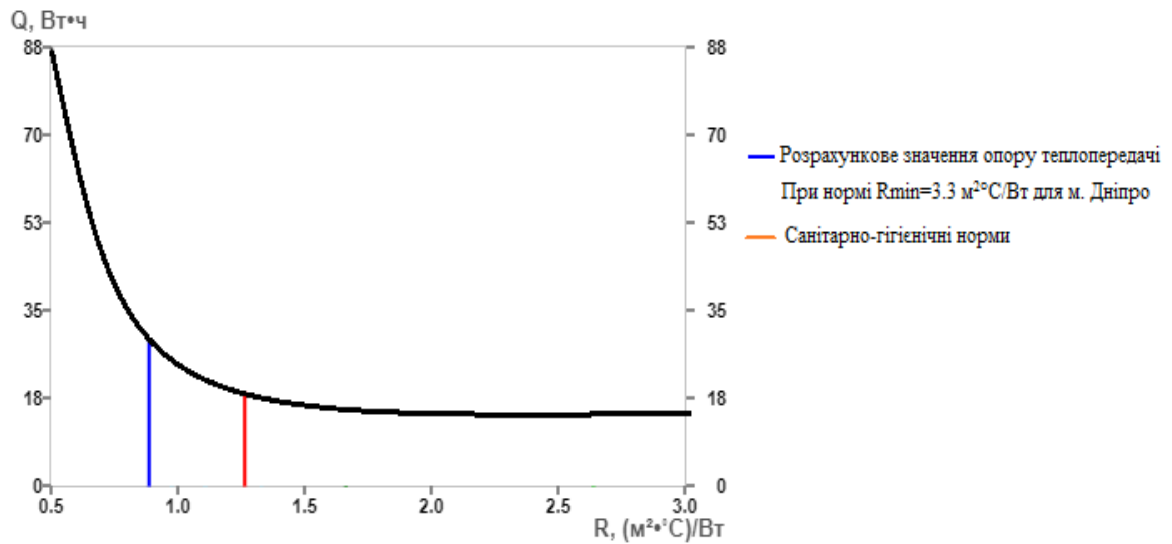


Рисунок 4.11. Залежність теплових втрат від опору теплопередачі

Після монтажу утеплюючої панелі показники теплового опору значно зросли і отриманий приведений опір теплопередачі $R_0 = 3,27 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$, що задовільняє нормам для м. Дніпро.[53]

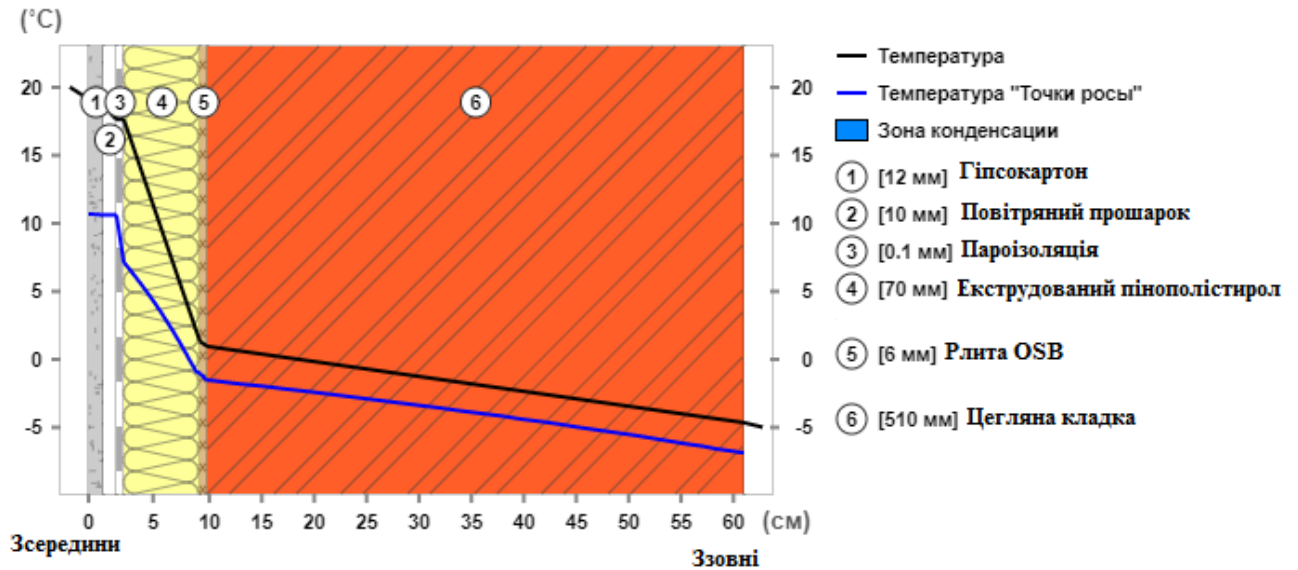


Рисунок 4.12. Результати розрахунку для цегляної стіни та утеплюючої панелі

Для даної конструкції істотно зменшується значення теплового потоку, отже ми втрачаємо менше дорогоцінного тепла, яке в нинішній час дороге коштує.

Питомий тепловий потік дорівнює $Q_1 = 7,79 \text{ Вт/м}^2$.

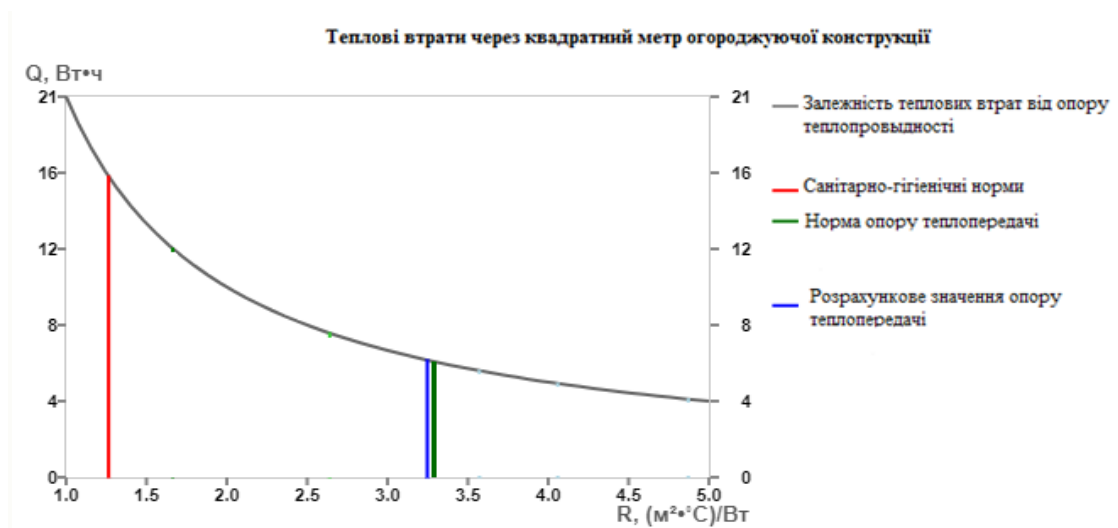


Рисунок 4.13. Залежність теплових втрат від опору теплопередачі

Після встановлення утеплюючої панелі величина опору теплопередачі збільшилася майже в 4 рази, відповідно і зменшилась втрата тепла.

Виконано розрахунок для утеплення будинку серії 1-143.

Площа зовнішніх стін будинку дорівнює $S_3 = 1212,2 \text{ м}^2$, площа отворів під вікна і двері, по зовнішнім стінам $S_B = 188,32 \text{ м}^2$, Отже необхідна площа утеплення дорівнює $S_y = S_3 - S_B = 1023,88 \text{ м}^2$. Площа однієї панелі дорівнює $S_{\Pi} = 0,72 \text{ м}^2$. Отже для утеплення усіх зовнішніх стін розробленими утеплюючими панелями по площі необхідно 1443 панелі. Слід врахувати, що будь-які оздоблювальні роботи припускають відходи, які утворюються в результаті пошкоджень і відрізів матеріалу. Тому фахівці рекомендують купувати панелі з невеликим запасом (близько 10% від загального значення). Врахувавши ці умови, для утеплення зовнішніх стін буде потрібно $N=1588$ панелей.

Розраховано термін окупності даної панелі в масштабах цілого будинку згідно формул (3.15-3.19).

$$Q_1 = 95546,9 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_2 = 26005,1 \text{ Вт/м}^2$$

$$\Delta Q_{ек} = 69541,8 \text{ Вт/м}^2 = 59796,4 \text{ ккал за опал.сезон}$$

$$K_{ек} = 466,9 \text{ грн./ опал. сезон - зекономлені витрати на 1 м}^2 \text{ конструкції.}$$

$K_{ек.б} = K_{ек} * S_y = 478049,57 \text{ грн./опал. сезон}$ – зекономлені кошти в масштабах всього будинку.

Термін окупності в масштабах усього будинку $T = \frac{K_{ж} * N * S_{\Pi}}{K_{ек.б}} = 1,78$ опалювальних сезона.

4.6. Висновки по розділу 4

Проведені розрахунки для установки утеплюючої панелі у будинку, що побудовано за радянським проектом 1-443-5

Було виконано теплотехнічний розрахунок для зовнішньої стіни цього будинку, утепленої розробленою утеплюючою панеллю.

При використанні панелі опір теплопередачі огороджувальної конструкції зріс більше ніж у 3 рази.

Зменшилися витрати на опалення даного об'єкту, так як зменшився питомий тепловий потік і в масштабах всього будинку за опалювальний сезон економиться 59796,4 ккал теплової енергії.

Проведена оцінка економічної ефективності і визначення терміну окупності утеплювальних панелей у масштабах всього будинку, $T = 1,78$ опал. сезону.

ВИСНОВКИ

Розроблено конструкцію утеплюючої панелі для зовнішніх стін будівель, яка встановлюється в приміщенні, з досить низьким коефіцієнтом теплопровідності, λ панелі = 0,031...0,038 Вт/(м · °С) і високим коефіцієнтом економічної ефективності, в порівнянні з зовнішнім утепленням. Панель виконано з екологічно чистих і пожежобезпечних матеріалів.

Використання внутрішнього утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків цілком можливо, як доведено теоретично і практично, але при цьому обов'язково необхідно влаштувати пароізоляційний шар.

Проведені розрахунки підтвердили ефективність розробленої конструкції панелі для внутрішнього утеплення зовнішніх стін будівель. У випадках коли утеплення ззовні представляється неможливим.

Проведена оцінка економічної ефективності і визначення терміну окупності утеплювальних панелей довели ефективність таких конструкцій для внутрішнього утеплення.

Виявлено цілий ряд переваг внутрішньої теплоізоляції, що дозволяють проводити утеплення експлуатованих будівель, в тому числі і житлових.

Проведено розрахунок для впровадження розробленої конструкції утеплюючої панелі в житловому будинку м. Дніпро, доведено ефективність даної конструкції. В результаті розрахунків було отримано результати. Збільшення опору теплопередачі огорожувальної конструкції більше ніж у 3 рази, після установки утеплюючої панелі. Економія витрат на опалення обраного будинку за розрахунками вийшла до 478049,57 грн за опалювальний сезон, та окупність даного методу утеплення до 2 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авдеев Г.К., Дмитриев А.Н. Физико-механические теплозащитные показатели металлических ограждающих конструкций типа «ПТАР» с утеплителем из фенолформальдегидных пенопластов // Тепловая эффективность наружных ограждающих конструкций. - М., 1988.- С.71-74.
2. Александров Н.Г. Термоблокада очагов выпадения конденсата в наружных стенах жилых домов // Жилищ, стр-во,- 2000.- № 11.- С. 29.
3. Александров Н.Г., Меламед В.М. Термоблокада «мостиков холода» // Жилищ. стр-во,- 2000.- № 3,- С. 31.
4. Беляев В.С. Повышение теплозащиты наружных ограждающих конструкций // Жилищ, стр-во.- 1998.- № 3,- С. 22-26.
5. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий: Учеб. пособие для вузов по специальности «Пром. и гражд. стр-во».- М.: Высш. шк., 1991.- 255 е.: ил.- Библиогр.: с. 252-253.
6. Блажко В.П. Система утепления наружных стен зданий с анкерами консольного типа // Строит, материалы.- 1999,- № 4,- С.8: ил.
7. Бобров Ю.Л. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов.-М.: Стройиздат, 1987.- 168 е.: ил.
8. Богословский В.Н. Строительная теплофизика: (Теплофиз. основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учеб. пособие для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1982,- 415 е.: ил.
9. Богословский В.Н. Тепловой режим здания.- М.: Стройиздат, 1979.- 248 е.: ил.
10. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление: Учеб. пособие для вузов.- М.: Стройиздат, 1991.- 735 е.: ил.
11. Буданов Б. А. Стена современного здания. Проблемы и решения // Петербург, строит, рынок.- 2000.- № 6 (24).- С. 56; № 8 (26).- С. 56: ил.

12. Васильев Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима зданий.- М.: Стройиздат, 1957.- 347 е.: ил.
13. Васильева И. Все дело в пене: Современ, вспен. теплоизоляц. материалы // Строит, обозрение: Журн. качества.- 1999.- № 5 (32).- С. 27-29.
14. Васьковский А.П. Оценка влажности наружных стен зданий,- Норильск: Высш. шк., 1976.- 79 с.
15. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. 4.1. Отопление / В.Н. Богословский, Б.А. Крупное, А.Н. Сканами и др.; Под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера.- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1990.343 е.: ил.- (Справ, проектировщика).
16. Галашов. Ю.Ф. Теплоизоляционный материал марки URSA - эффективный утеплитель // Строит, обозрение: Журн. качества.- 1999,- № 5 (32).-С. 30-31.
17. Герман Л. Системы наружной теплоизоляции с сухими смесями // Строит, материалы.- 1999.- № 3.- С. 36-38.
18. Гмурман В.С. Теория вероятностей и математическая статистика,- М.: Высш. шк., 1972,- 368 е.: ил.
19. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция: Учеб. пособие для вузов,- 2-е изд.- Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1975.- 232 е.: ил.
20. Дросте Д., Кищенко С., Усиевич В. Реконструкция зданий - вопрос не только финансовый // АВОК,- 1996.- № 6,- С. 28-30: ил.
21. Елагин Б.Г. Основы теплофизики ограждающих конструкций зданий: Учеб. пособие,- Киев: УМК ВО, 1988,- 120 е.: ил.
22. Еремкин А.И., Королева Т.Н. Тепловой режим зданий: Учеб. пособие.- М., 2000.- 368 е.: ил.
23. Жилые здания повышенной тепловой эффективности / Центр науч.-техн. информ. по гражд. стр-ву и архитектуре; Сост. Беляев В.С., Мушинский В.Ю.- М., 1986,- 42 е.: ил.- (Жилые здания: Обзор, информ.; Вып.1).- Библиогр.:с. 40-41.

24. Завадский В.Ф. Комплексный подход к решению проблемы теплозащиты стен отапливаемых зданий // Строит, материалы.- 1999.- № 2.- С. 7-8.
25. Зайдель А.Н. Погрешности измерений физических величин,- Л.: Наука, 1985,- 112 с.: ил.
26. Исаков О.А. Оптимальная толщина замкнутых воздушных прослоек в ограждающих конструкциях // Жилищ, стр-во.- 1992.- № 5.- С. 22-24.
27. Калантаров Ю.М. Эффективная система теплозащиты зданий - решение проблемы энергосбережения // Жилищ, стр-во,- 1998.- № 5.- С. 10-12.
28. Киреева Э.И., Криванин А.В. Комбинированная схема утепления кирпичных наружных стен многоэтажных жилых домов // Жилищ, стр-во.- 2000,-№ 8,- С. 21-23.
29. Мачинский В.Д. Метод характеристических величин в строительной теплотехнике.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Госстройиздат, 1950,- 87с.: ил.
30. Мачинский В.Д. Теплотехнические основы строительства,- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Госстройиздат, 1949.- 326 с.: ил.
31. Николаев С.В. Теплоэффективные ограждающие конструкции // Жилищ, стр-во,- 1998,-№ 12,- С. 6.
32. Овчинников Е.Н. Теплоизоляционная фасадная система «Шуба плюс» // Строит, материалы.- 1999.- № 2.- С.26: ил.
33. Петров Д.С., Василевская Э.С. Тепловидение помогает сократить затраты на отопление зданий любого типа // Промышленный вестник.- 2000,- № ю,- С. 11: ил.
34. Ржеганек Я., Яноуш А. Снижение теплопотерь в зданиях / Пер. с чеш. В.П. Поддубного; Под ред. А.М. Махова.- М.: Стройиздат, 1988.- 168 с.: ил.
35. Руководство по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в производстве строительных конструкций и деталей из сборного

железобетона / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т завод, технологии сбор, железобетон, конструкций и изделий; [Разраб. А.А. Миронов при участии Б.С. Себежко и др.]- М.: Стройиздат, 1981.- 208 с.

36. Сахаров Г.П., Стрельбицкий В.П., Воронин В.А. Ограждающие конструкции зданий и проблема энергосбережения // Жилищ, стр-во.- 1999.- № 6.- С. 7-9.

37. Свазен Е. Основы газового отопления жилых зданий // АВОК.- 1995.- № 5/6,- С. 8-10.

38. Серебрянников Ю.С. Теплоизоляционные материалы // Стройпрофиль: Журн. для профессионалов.- 2000.- № 2 (2).- С. 34-38: ил.

39. Смыслов А.А., Шемонаев С.В. Универсальный изолятор Изолон // Строит, материалы.- 1999.- № 2.- С. 27.

40. Силаенков Е.С. Системы утепления наружных стен «Урал» // Жилищ, стр-во,- 2000.- № 7,- С. 14-16: ил.

41. Совершенствование конструктивных решений теплозащиты наружных стен зданий / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т проблем науч.-техн. прогресса и информ. в стр-ве; Сост. И.Н. Бутовский, О.В. Худошина.- М., 1990,- 67 е.: ил.- (Стр-во и архитектура. Сер. «Строит, конструкции»: Обзор, информ.; Вып.3).- Библиогр.: с. 61-66.

42. Сопоставление отечественных и зарубежных норм расчета теплозащиты зданий / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т проблем науч.-техн. прогресса и информ. в стр-ве; Сост. И.Н. Бутовский, Ю.А. Матросов.- М., 1989.- 81 с.: ил.- (Стр-во и архитектура. Сер. «Инженер.-теорет. основы стр-ва»: Обзор, информ.; Вып.4).- Библиогр.: с. 79-80.

43. Спиридонов В.П., Лопаткин А.А. Математическая обработка физико- химических данных.- М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979.- 222 е.: ил.

44. Табунщиков Ю.А. Расчеты температурного режима помещения и требуемой мощности для его отопления и охлаждения.- М.: Стройиздат, 1981.— 84 е.: ил.

45. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений,- М.: Стройиздат, 1986 - 380 е.: ил.
46. Теплозащита энергетически эффективных зданий / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т проблем науч.-техн. прогресса и информ. в стр-ве; Сост. И.Н. Бутовский, Ю.А. Матросов.- М., 1989- 65 е.: ил.- (Стр-во и архитектура. Сер. «Информ. обеспечение общесоюз. науч.-техн. программ»: Обзор, информ.; Вып.6).- Библиогр.: с. 63-64.
47. Теплотехнические качества и микроклимат зданий: Сб. науч. тр. / Центр, науч.-исслед. и проект, ин-т типового и эксперим. проектирования жилища,- М., 1991,- 107 с.: ил.
48. Теплотехнический справочник. В 2 т. Т.2 / Под общ. ред. В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева.- 2-е изд., перераб.- М.: Энергия, 1976.- 896 е.: ил.
49. Франчук А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов.- М.: Стройиздат, 1969. -138 с.: ил.
50. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий.- М.: Стройиздат, 1973 - 287 е.: ил.
51. Энергоактивные здания / Под ред. Э.В. Сарнацкого, Н.П. Селиванова.- М.: Стройиздат, 1988.- 376 е.: ил.
52. Энергосберегающие технологии в современном строительстве / Пер. с англ. Ю.А. Матросова, В.А. Овчаренко; Под ред. В.Б. Козлова,- М.: Стройиздат, 1990.- 296 е.: ил.
53. ДБН В.2.6и31:2016. Теплова ізоляція будівель. Чинний вид 01.05.2017 р.
54. СНиП Н-3-79**. Строительная теплотехника: Утв. Гос. ком. СССР по делам стр-ва 19.12.85: Взамен гл. СНиП Н-А.7-71: Срок введ. 01.07.79/ Науч.- исслед. ин-т строит, физики и ограждающих конструкций и др.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.- 32 е.: ил.- (Строит, нормы и правила).

55. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія Чинний від 1 листопада 2011 року, та скасовує СНиП 2.01.01-82 і таблицю 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007
56. ДБН В.1.1.7-2016 На зміну ДБН В.1.1.7:2002 Чинний з 1 червня 2017 р.
57. ДБН В.2.5-67:2013 На заміну СНиП 2.04.05-91. Чинний з 01 січня 2014 року
58. ДБН Д.2.2-26-99.Сбірник 26 Теплоізоляційні роботи
59. Строительные нормы и правила. 4.IV. Сметные нормы и правила. Гл. 5. Правила разработки единых районных единичных расценок на строительные конструкции и работы. Приложение «Сборники единых районных единичных расценок на строительные конструкции и работы». Сборник 15. Отделочные работы: СНиП IV-5-82: Утв. Гос. ком. СССР по делам стр-ва 30.06.82: Взамен сборника № 17, изд. 1968: Срок введ. в действие 01.01.84,- М.: Стройиздат, 1983,- 40 с.
60. Строительные нормы и правила. 4.IV. Сметные нормы и правила. Гл. 5. Правила разработки единых районных единичных расценок на строительные конструкции и работы. Приложение «Сборники единых районных единичных расценок на строительные конструкции и работы». Сборник 26. Теплоизоляционные работы: СНиП IV-5-82: Утв. Гос. ком. СССР по делам стр- ва 30.06.82: Взамен сборника № 19, изд. 1968: Срок введ. в действие 01.01.84,- М.: Стройиздат, 1983,- 16 с.
61. Новые тарифы на отопление в Украине [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://maanimo.com/indexes/142540-tarify-na-otoplenie-v-ukraine-sezon-2017-2018>.