

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

Кафедра Промислове та цивільне будівництво
(повна назва)

Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему: **Аналіз систем огорожуючих конструкцій для енергоефективних будівель**

Виконав: студент 2 курсу, групи
8.1920-ПЦБ-ДН

Маркін Микита Вікторович
(прізвище та ініціали)

спеціальність

192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

освітньо-професійна програма

промислове і цивільне будівництво
(шифр і назва)

Керівник проф., д.т.н. Арутюнян І.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Данкевич Н.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2021 року

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

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти магістерський
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«20» 06 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Маркін Микита Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз систем огороджуючих конструкцій для енергоефективних будівель

керівник роботи Арутюнян І.А. проф., д.т.н.

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

затверджені наказом ЗНУ від «30» 06 2021 року

№ 974-9

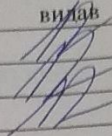
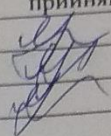
2 Строк подання студентом роботи _____

3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація, вихідні дані стосовно досвіду вибору технологій та матеріалів утеплювання

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз типових систем огороджуючих конструкцій. 2. Аналіз технології ефективного утеплення. 3. Оптимізаційні рішення з вибору систем огороджуючих конструкцій для енергоефективних будівель.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) вісім листів

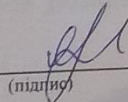
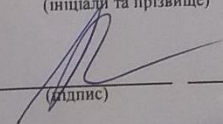
6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Арутюнян І.А.		
Розділ 2	Арутюнян І.А.		
Розділ 3	Арутюнян І.А.		

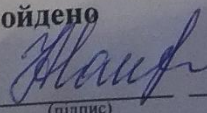
7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз типових систем огорожжувачих конструкцій.	з 01.10 по 24.10.2021	
2	Аналіз технології ефективного утеплення	з 25.10 по 15.11.2021	
3	Оптимізаційні рішення з вибору систем огорожжувачих конструкцій для енергоефективних будівель	з 16.11 по 06.12.2021	

Студент  М.В. Маркін
(підпис) (ініціали та прізвище)Керівник роботи (проекту)  І.А. Арутюнян
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  Данкевич Н.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Маркін М.В. Аналіз систем огорожуючих конструкцій для енергоефективних будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник І.А. Арутюнян, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, 2021.

В роботі проведено аналіз систем огорожуючих конструкцій, їх утеплювання, досліджені підходи з оптимального вибору матеріалів та проектних рішень для енергоефективних будівель.

Обґрунтовано використання технологій та методів ефективного утеплення фасадів сучасними системами утеплення.

Ключові слова: огорожуючі конструкції будівель, утеплення, енергозбереження, енергоефективний будинок.

Маркин М.В., Арутюнян И.А. Анализ систем ограждающих конструкций для энергоэффективных зданий. *І всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2021. С. 395-398.

ANNOTATION

Markin MV Analysis of systems of enclosing structures for energy efficient buildings.

Qualification final work for obtaining a master's degree in the specialty 192 - Construction and Civil Engineering, supervisor I.A. Arutiunian, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhia National University, 2021.

The paper analyzes the systems of enclosing structures, their insulation, investigated approaches to the optimal choice of materials and design solutions for energy efficient buildings.

The use of technologies and methods of effective insulation of facades by modern insulation systems is substantiated.

Key words: enclosing constructions of buildings, warming, energy saving, energy efficient house.

Маркин М.В., Арутюнян І.А. Аналіз систем огорожуючих конструкцій для енергоефективних зданий. *І всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2021. С. 395-398.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТИПОВИХ СИСТЕМ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	9
1.1 Типові огороджуючі конструкції.....	9
1.2 Проблематика зношеності елементів огороджуючих конструкцій будівель	30
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ЕФЕКТИВНОГО УТЕПЛЕННЯ.....	35
2.1 Сучасні тенденції з ефективного утеплення	35
2.2 Аналіз теплоізоляційних будівельних матеріалів для огороджуючи конструкцій	51
РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЙНІ РІШЕННЯ З ВИБОРУ СИСТЕМ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ.....	61
3.1 Засоби з підвищення термічного опору огороджуючих конструкцій	61
3.2 Теплоізоляційно-конструктивні енергоефективні матеріали.....	64
3.3 Оптимізаційні рішення з підвищення енергоефективної спроможності систем огороджуючих конструкцій будівель.....	71
3.4 Удосконалення опору теплопередачі типових огороджуючих конструкцій	83
3.5 Розрахунок мінімально необхідної товщини теплоізоляції для стін типового проекту 1-447С під систему вентиляваного фасаду	103
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	107
Список використаних джерел	109

ВСТУП

Енергетичні характеристики будівлі залежать від кліматичних умов, географічної широти, будівельних практик, існуючого будівельного фонду та практики обслуговування.

Як наслідок, стандарти, що актуальні для однієї країни, можуть бути неефективними в іншій. Хоча багато держав мають технічні вимоги стосовно енергопотреб будівель в своїх будівельних нормах, є багато випадків, коли можливі покращення.

Для ефективного вирішення питань з підвищення енергоефективності будівель та споруд потрібно виділити наступні питання: неповнота статистичних даних, недостатні дослідження оцінки енергетичних показників. Є невідповідності в оцінці методології оцінки енергоефективного будинку, що може перешкоджати сертифікації з енергоефективності; також може бути відсутність механізмів забезпечення з виконання моніторингу. Цілком можливо, що дотримання вимог недостатньо суворе, або проєктувальники та будівельники не досягають запланованих результатів. Незалежно від основної причини низької ефективності використання енергії, ліквідація розриву між наміром проєктування та нормативними вимогами стане важливою проблемою протягом наступного десятиліття, якщо країни, зокрема Україна хочуть досягти кліматичних та екологічних цілей, пов'язаних із будівлями.

У роботі проаналізовані сучасні системи огорожуючих конструкцій. Проведено аналіз технологій ефективного утеплення. Запропоновані оптимізаційні рішення з вибору систем огорожуючих конструкцій для енергоефективних будівель.

Актуальність теми роботи. Підвищення вартості енергоносіїв, старий житловий фонд, що потребує не дорогих рішень з підвищення енергоефективної спроможності, підвищення супротиву тепелопередачі різних за своїми фізичними властивостями та складом огорожуючих конструкцій, все це обумовлює сьогоденну актуальність дослідження та

аналізу даної роботи.

Метою роботи є дослідження до підходів та проектних рішень з вибору матеріалів до городжуючих конструкцій при термомодернізаціях з вибором оптимальних рішень.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення в роботі таких **основних задач**:

- проаналізувати технічну та нормативну документацію в розрізі систем огороджуючих конструкцій;
- проаналізувати сучасні технології ефективного утеплення;
- обґрунтувати оптимізаційні рішення з вибору систем огороджуючих конструкцій для енергоефективних будівель;

Об'єктом дослідження є процеси модернізації до проектування зовнішніх огороджуючих конструкцій.

Предметом дослідження є методи оптимізаційних рішень з вибору ефективних систем огороджуючих конструкцій.

Методологія дослідження: аналіз та оцінка літературних джерел, фізичних та економічних показників та їхній системний аналіз.

Новизна роботи полягає у дослідженні підходів стосовно технології утеплення огороджуючих конструкцій ефективними матеріалами.

Дослідження дає основу для подальшого дослідження з розробки, структури та впровадження енергетичних стандартів будівель.

1 АНАЛІЗ ТИПОВИХ СИСТЕМ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1 Типові огорожуючі конструкції

Найхолодніші метеоумови у межах опалювального періоду описуються розрахунковими значеннями кліматичних параметрів, які є абсолютними екстремумами для району будівництва. Справа в тому, що екстремальні, найсуворіші умови бувають дуже рідко – раз на сотні років. Орієнтація на ці значення призвела до значного подорожчання будівництва. Тому розрахункові рівні приймаються з деякою забезпеченістю, під якою розуміється сумарна ймовірність того, що цей параметр не перевершить (у холодний період року за ступенем суворості) розрахункового значення.

Найбільш значущим параметром холодного періоду року для вибору теплозахисних якостей зовнішніх огорож та визначення потужності системи опалення вважається температура зовнішнього повітря. Так як огороження і приміщення мають теплову інерцію, інакше кажучи, вимагають часу для охолодження або нагріву до температури навколишнього повітря, що змінилася, то в якості розрахункової приймають середню температуру найбільш холодної п'ятиденки - п'яти послідовних діб з найнижчою середньою температурою за рік.

До 1994 року розрахункова температура зовнішнього повітря на проектування огорож пов'язувалася зі своєю тепловою інерцією. Для «легких» огорож, що швидко остигають при зниженні температури зовнішнього повітря, за розрахункову приймалася середня температура найбільш холодної доби, а для «масивних» — середня температура найбільш холодної п'ятиденки. Ідея розглядати п'ятиденку як розрахунковий період усереднення температури зовнішнього повітря в 1946 була запропонована К. Ф. Фокіним [1]. Вчений проаналізував багаторічні дані про зміну температури зовнішнього повітря в період похолодання та висунув

пропозиції щодо «нормалізації» розрахункових кривих зміни температури зовнішнього повітря. Крім того, він експериментально встановив, що стіна з повнотілої цегли товщиною 64 см (найпоширеніша конструкція в той час) має такі ж тепловтрати за 5 діб при змінній температурі зовнішнього повітря, ніби температура зовнішнього повітря трималася постійною і рівною середньою за той же період.

Після 1994 року, коли теплозахист будинків було значно посилено, всі огороження віднесли до «масивних», і розрахунковою температурою для теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій стала середня температура найбільш холодної п'ятиденки. Ця сама температура є розрахунковою визначення тепловтрат.

За розрахункову температуру зовнішнього повітря t_n , °С, приймається не найнижча середня температура найбільш холодної п'ятиденки t_5 , °С, а її значення із забезпеченістю 0,92.

Для отримання цієї величини вибирається найбільш холодна п'ятиденка в кожний рік відрізка n , років, що розглядається (період з 1925-го по 1980-і роки). Виділені значення температури найхолоднішої п'ятиденки t_5 ранжуються в порядку зменшення. Кожному значенню надається номер m . Забезпеченість K_{06} у загальному випадку обчислюється за формулою

$$K_{06}=1-(m/n) \quad (1.1)$$

Теплопровідність – вид передачі теплоти між нерухомими частинками твердої, рідкої чи газоподібної речовини. Таким чином, теплопровідність - це теплообмін між частинками або елементами структури матеріального середовища, що знаходяться у безпосередньому зіткненні один з одним. Під час вивчення теплопровідності речовина сприймається як суцільна маса, його молекулярне будова ігнорується. У чистому вигляді теплопровідність зустрічається тільки в твердих тілах, тому що в рідких та газоподібних середовищах практично неможливо забезпечити нерухомість речовини.

Для розуміння цілісного стану проблеми розглянемо типові проекти будівель, які були побудовані у 60-80х роках 20 сторіччя.

В цей час основним нормативним документом який поширювався на теплотехнічні показники огорожувальних конструкцій будівель, із заданими температурою і вологістю внутрішнього повітря, розрахункові величини фізичних показників основних будівельних матеріалів та деяких конструктивних елементів (або шарів) огорож, що необхідні були при теплотехнічних розрахунках був СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка».

Характерним для середини 60-х років є типові проекти панельних п'ятиповерхових будівель по типу серій 1-464 та їх різновидів, ця серія за типологією своїх конструктивних елементів схожа на будівлі що розташовані по вулиці Рельєфній.



Рисунок 1.1 – Типовий будинок по вул. Рельєфній

В якості матеріалів та заповнювачів для зовнішніх огорожуючих конструкцій часто йшов керамзитобетон. Також часто використовувалась конструкція з двох залізобетонних шарів, що були з'єднані між собою ребрами з легкого бетону товщиною від 40 мм, між цими шарами укладався утеплювач зовнішнього шару (включаючи фактурний шар) прийнятим у 50

мм, внутрішній шар приймався ± 80 мм та більше. Обидва зовнішні шари виконувались з бетону марки 200, за ДБН це клас бетону С12/15. З'єднувальні ребра у панелях зовнішніх стін виконувались з керамзитобетону щільної структури з об'ємною вагою до 1200 кг/м^3 . У панелях у якості утеплювача приймалися напівжорсткі мінераловатні плити з об'ємною вагою до 150 кг/м^3 , або з об'ємною вагою до 250 кг/м^3 .

КОНСТРУКЦІЯ ПАНЕЛІ	МН П.П.	З'єднз панелей в межах вертикального стыка	Объемный вес керамзитобетона γ кг/м ³	Толщина слоев панелей в мм			Толщина ступеней в мм	Приведенные сопротивления теплопередаче панелей $R_{пр}$ м ² ·ч·град/ккал			Допустимые температуры наружного воздуха t_n град						
				Утеплитель	Железобетон	Фибра		Зона	Зима		Летние		Зима		Летние		
									сух.	норм.влаж.	сух.	норм.влаж.	сух.	норм.влаж.	сух.	норм.влаж.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Трехслойная панель с утеплителем из полужестких минераловатных плит ГОСТ 9673-68 $\gamma = 400 \text{ кг/м}^3$ $\lambda = 0.06 \text{ ккал/м·ч·град}$	1	ГЕРМЕТИК	1200	250	120	50	80	50	1.42	1.22	1.13	-35**	-32	-18	39	39	39
									1.24	1.06	0.98	-30**	-25	-12	39	39	39
									1.98	1.63	1.51	-50**	-45**	-40**	39	39	39
									1.74	1.47	1.37	-45**	-40**	-35**	39	39	39
Трехслойная панель с утеплителем из полужестких минераловатных плит ГОСТ 9248-59 $\gamma = 250 \text{ кг/м}^3$ $\lambda = 0.07 \text{ ккал/м·ч·град}$	2	ТЕРМОИЗОЛЯЦИЯ / ГРАФА 8 / Объемный вес не более $\gamma = 250 \text{ кг/м}^3$	1200	250	120	50	80	50	1.15	1.08	1.0	-29	-26	-13	39	39	39
									1.0	0.94	0.86	-23	-21	-16	39	39	39
									1.53	1.43	1.33	-40**	-36**	-35**	39	39	39
									1.39	1.30	1.20	-38**	-35	-30**	39	39	39
Трехслойная панель с утеплителем из легковесных вкладышей ГОСТ 5742-61 $\gamma = 400 \text{ кг/м}^3$ $\lambda = 0.12 \text{ ккал/м·ч·град}$	3	СТЕПАНТАЛЬ / ГРАФА 5 / ЖЕЛЕЗОБЕТОН $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$	1200	250	120	50	80	50	1.07	1.01	0.97	-16	-23	-10**	39	29	29
									0.98	0.93	0.89	-12	-10	-16	39	29	29
									1.31	1.24	1.17	-36	-33	-30	39	39	39
									1.23	1.16	1.10	-31	-28	-25	39	39	39
Трехслойная панель с утеплителем из легковесных вкладышей ГОСТ 5742-61 $\gamma = 500 \text{ кг/м}^3$ $\lambda = 0.15 \text{ ккал/м·ч·град}$	4	СТЕПАНТАЛЬ / ГРАФА 5 / ЖЕЛЕЗОБЕТОН $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$	1200	250	120	50	80	50	1.56	1.47	1.38	-46**	-42	-39	39	39	39
									1.48	1.39	1.30	-43*	-39	-35	39	39	39
									1.01	0.95	0.91	-24	-21	-19	29	29	29
									0.93	0.86	0.84	-20	-18	-16	29	29	29
Трехслойная панель с утеплителем из легковесных вкладышей ГОСТ 5742-61 $\gamma = 500 \text{ кг/м}^3$ $\lambda = 0.15 \text{ ккал/м·ч·град}$	5	СТЕПАНТАЛЬ / ГРАФА 5 / ЖЕЛЕЗОБЕТОН $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$	1200	250	120	50	80	50	1.03	1.15	1.09	-31	-29	-27	39	39	39
									1.15	1.07	1.02	-29	-26	-23	39	39	39
									1.45	1.35	1.27	-41*	-37*	-34*	39	39	39
									1.38	1.27	1.20	-39*	-34*	-30	39	39	39

Рисунок 1.2 – Приведений опір теплопередачі зовнішніх стінових панелей багат шарової конструкції

На рисунку 1.2 приведено опір теплопередачі зовнішніх стінових панелей який представлено у одиницях виміру $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}) / \text{ккал}$, які використовувались у старих нормативних документах де $1 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}) / \text{ккал} = 1.162 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$, остання наведена одиниця виміру у свою чергу використовується у ДБН та ДСТУ.

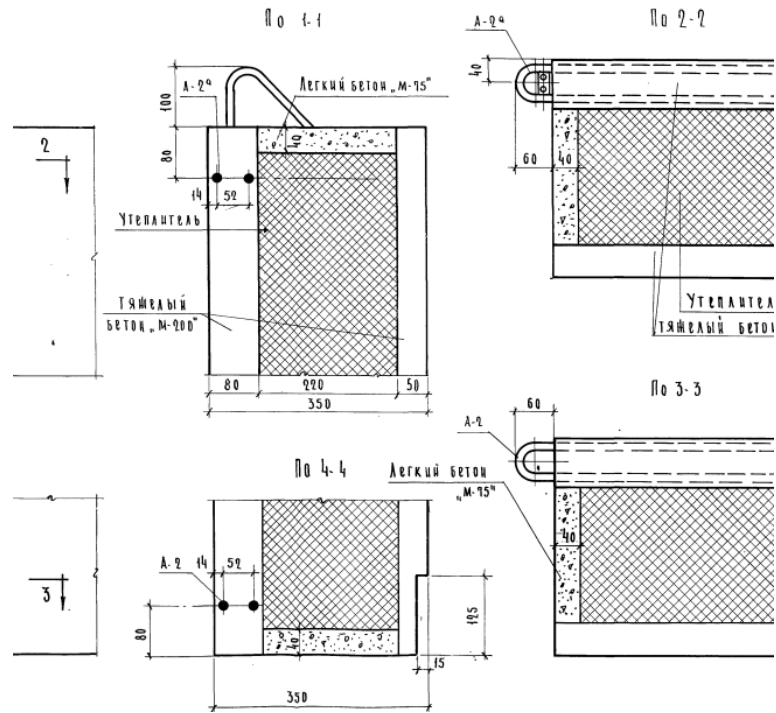


Рисунок 1.3 – Типовий вузол зовнішньої стінової панелі

Для порівняння показників обробимо дані та проаналізуємо результати фізичних характеристик опору теплопередачі з нормативними показниками за ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція.

Таблиця 1.1 – Порівняння опору теплопередачі з нормативними показниками

Товщина панелі, мм	Утеплювач, мм	Залізобетон, мм		R (м ² ·ч·град)/ккал			R _{пр} (м ² ·К)/Вт			R _q min
				Зона сух.	Зона норм.	Зона волога	Зона сух.	Зона норм.	Зона волога	
250	120	50	80	1,42	1,22	1,13	1,65004	1,41764	1,31306	2,8
	100	50	100	1,24	1,06	0,98	1,44088	1,23172	1,13876	2,8
300	170	50	80	1,98	1,63	1,51	2,30076	1,89406	1,75462	2,8
	150	50	100	1,74	1,47	1,37	2,02188	1,70814	1,59194	2,8
250	120	50	80	1,15	1,08	1	1,3363	1,25496	1,162	2,8
	100	50	100	1	0,94	0,88	1,162	1,09228	1,02256	2,8
300	170	50	80	1,53	1,43	1,33	1,77786	1,66166	1,54546	2,8
	150	50	100	1,39	1,3	1,2	1,61518	1,5106	1,3944	2,8
250	120	50	80	1,07	1,01	0,97	1,24334	1,17362	1,12714	2,8
	100	50	100	0,98	0,93	0,89	1,13876	1,08066	1,03418	2,8
300	170	50	80	1,31	1,24	1,17	1,52222	1,44088	1,35954	2,8
	150	50	100	1,23	1,16	1,1	1,42926	1,34792	1,2782	2,8
350	220	50	80	1,56	1,47	1,38	1,81272	1,70814	1,60356	2,8

	200	50	100	1,48	1,39	1,3	1,71976	1,61518	1,5106	2,8
250	120	50	80	1,01	0,95	0,91	1,17362	1,1039	1,05742	2,8
	100	50	100	0,93	0,88	0,84	1,08066	1,02256	0,97608	2,8
300	170	50	80	1,23	1,15	1,09	1,42926	1,3363	1,26658	2,8
	150	50	100	1,15	1,07	1,02	1,3363	1,24334	1,18524	2,8
350	220	50	80	1,45	1,35	1,27	1,6849	1,5687	1,47574	2,8
	200	50	100	1,38	1,27	1,2	1,60356	1,47574	1,3944	2,8

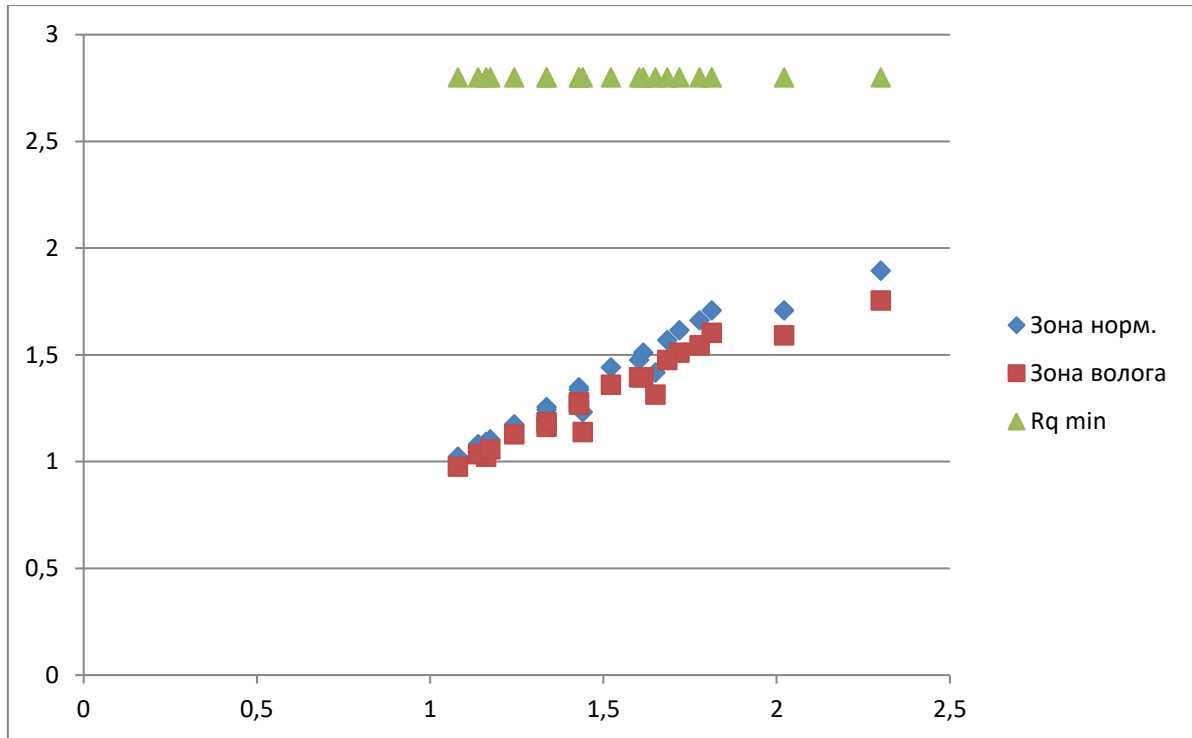


Рисунок 1.4 – Порівняння приведених значень теплового опору огорджуючих конструкцій з нормативними показниками.

Як можна бачити жодні з отриманих результатів не виявили близьких значень та дотримання з нормативними сучасними показниками за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» для житлових будівель, другої температурної зони $R_{q \min} = 2,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$.

Згідно схематичної карти території для призначення коефіцієнтів теплопровідності матеріалів огорджуючих конструкцій будівель, м. Запоріжжя відносилось до сухої зони, рисунок 1.5.

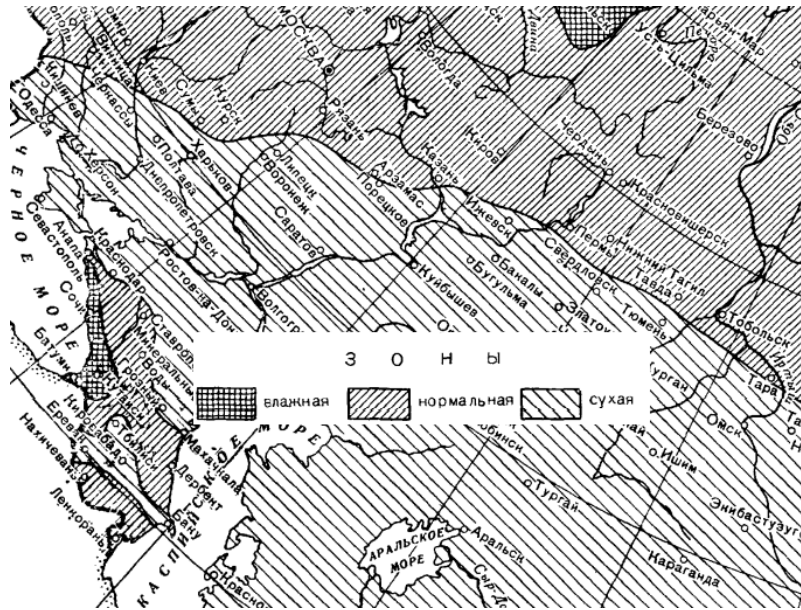


Рисунок 1.5 – Схематична карта для призначення коефіцієнтів теплопровідності матеріалів

Проведемо порівняльний аналіз теплового опору огорожуючих конструкцій різних товщин стінових панелей для сухої зони, рисунок 1.6.

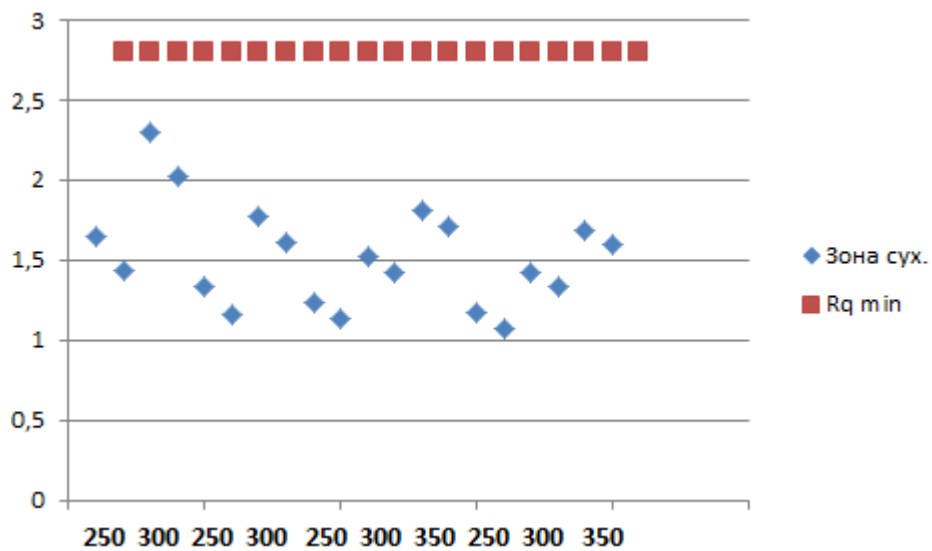


Рисунок 1.6 – Порівняння приведених значень теплового опору огорожуючих конструкцій з нормативними показниками для сухої зони.

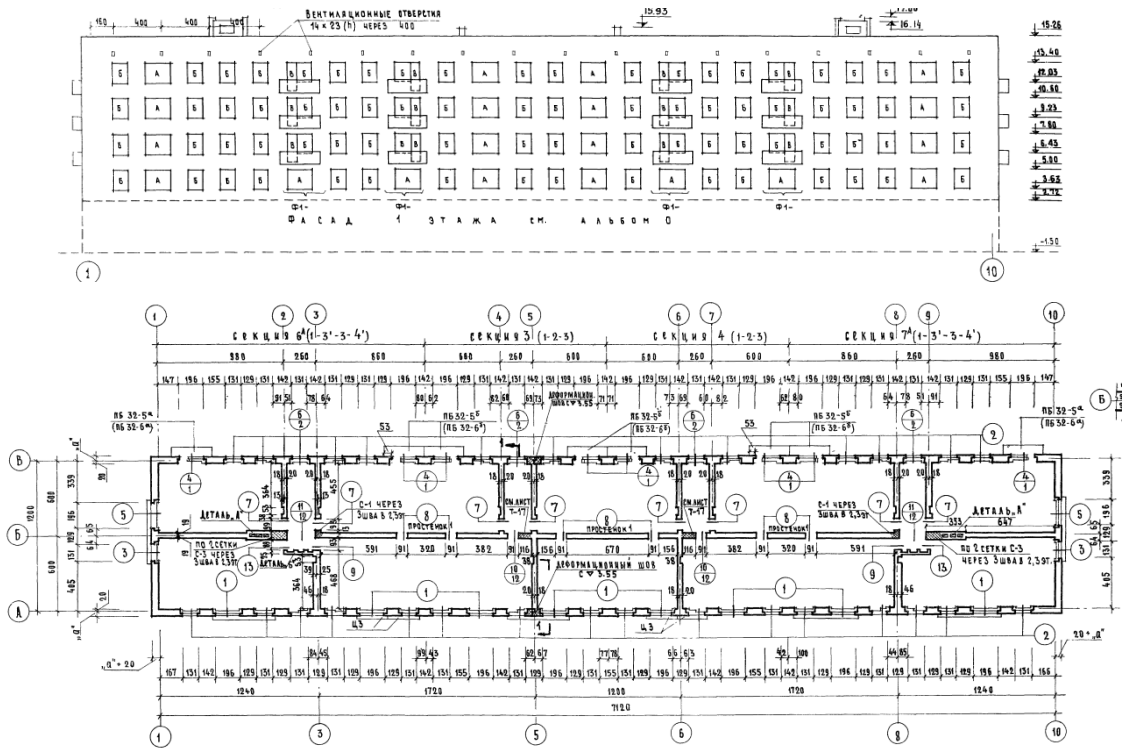
Отриманий результат анологічний попередньому, жоден із приведених показників не дорівнює нормативним показникам.

Характерними для 60-х років є типові проекти цегляних будинків 1-438 та їх різновидів по типу 1-447 рисунок 1.7 – 1.8, та інші, анологічні будинки

розташовані по вулиці перемоги, Бородинська 6, тощо.



Рисунок 1.7 – Будинок типового проекту 1-447С по вул. Бородинська 6



А. Стены сплошной кладки из эффективного и полнотелого кирпича. Таблица №5

ПОЛОЩИНА СТЕН СМ.	КИРПИЧ С 13 ПУСТОПАМИ			КИРПИЧ С 19 ПУСТОПАМИ			КИРПИЧ С 76 ПУСТОПАМИ			КИРПИЧ ПОЛНОТЕЛОГО КРАСНЫЙ			КИРПИЧ ПОЛНОТЕЛОГО БЕЛЫЙ				
	ВЛАЖНОСТНЫЕ РАЙОНЫ																
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
51	-77°	-71°	-70°	-40°	-35°	-34°				-48°	-39°	-31°	-23°	-24°	-28°	-25°	-20°
55	-77°	-72°	-71°		-71°	-76°				-47°	-41°	-34°	-28°	-27°	-31°	-26°	-23°
64	-40° и ниже	-46°	-77°		-40° и ниже	-47°						-42°	-34°	-33°	-36°	-37°	-28°
68	-40° и ниже	-40°	-40°		-40° и ниже	-40°						-37°	-35°	-40°	-34°	-30°	-30°
64+4 ИЗОЛЯЦ. МА- ТЕРИАЛ С λ = 0,08	-40° и ниже	-40°	-40°		-40° и ниже	-40°						-40°	-40°	-40°	-40°	-40°	-40°

Рисунок 1.8 – Типовой проект 1-447

Для 1-447 типового проекту та аналогічних проектів, для стін використовувалась повнотіла силікатна цегла з розрахунковими величинами фізичних показників будівельних матеріалів теплопровідності за СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка» $\lambda=0,65$ (м²·ч·град)/ккал.

Сучасні показники за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель», силікатної цегли на цементно-піщаному розчині $\lambda=0,76$ (м²·К)/Вт, що означає, технологія виготовлення силікатної цегли за майже 60 років не зазнала значних змін та ці зміни не вплинули на фізичні властивості теплопровідності.

1 (м²·ч·град)/ккал = 1.162 (м²·К)/Вт, у нашому випадку $\lambda=0,65$ (м²·ч·град)/ккал = 0,76 (м²·К)/Вт.

За старими нормативними документами керамзитобетон $\lambda=0,65$ (м²·ч·град)/ккал, за ДСТУ в залежності від піску та щільності, приймемо для найщільнішого керамзитобетону на керамзитовому піску 1800 кг/м³ $\lambda = 0,8$ (м²·К)/Вт.

Цементно-піщаний розчин або штукатурка з нього $\lambda=0,65$ (м²·ч·град)/ккал.

Розглянемо у прикладах два варіанти огорожуючих конструкцій стін. Перший варіант, це стіна з керамзитобетону, другим варіантом розглянемо цегляну стіну з показниками фізичних величин за характерним для розглянутого періоду нормативним документом СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка», порівняємо результати із сучасними показниками за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» та нормативними показниками супротиву теплопередачі огорожуючих конструкцій за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».

У старих нормативних документах, зокрема СНиП II-A.7-62*, величина опору теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій повинна була бути не менше потрібної R_0^{TP} , що визначалася по формулі:

$$R_0^{TP} = \frac{(t_B - t_H)}{\alpha_B \Delta t^H} \text{ або } R_0^{TP} = \frac{(t_B - t_H) n b R_B}{\Delta t^H} \quad (1.1)$$

де t_B – розрахункова температура внутрішнього повітря що приймалася для житлових будівель згідно СНиП II-Л.1-62 «Житлові будівлі». Для опалювального періоду температура приймалася згідно Таблиці 5 – Розрахункові температури та повітрообмін у приміщеннях, що наведено на рисунку 1.9.

№ п/п	Наименование помещений	Расчетная температура воздуха в град	Кратность воздухообмена в 1 ч или количество удаляемого воздуха из помещения (при вытяжке)
1	Жилая комната квартиры и общежития	+18	3 м³/ч на 1 м² площади комнат
2	Кухня квартиры, кухня и кубовая общежития (в негазифицированных зданиях)	+15	3, но не менее 60 м³/ч
3	Кухня квартиры и общежития в газифицированных зданиях	+15	Не менее: 60 м³/ч при двухконфорочных плитах; 75 м³/ч при трехконфорочных плитах; 90 м³/ч при четырехконфорочных плитах
4	Ванная индивидуальная	+25	25 м³/ч
5	Уборная индивидуальная	+16	25 .
6	Объединенный санитарный узел	+25	50 .
7	Умывальная индивидуальная	+18	0,5
8	Ванная или душевая общие	+25	5
9	Уборная общая	+16	50 м³/ч на 1 унитаз и 25 м³/ч на 1 писсуар
10	Гардероб, комната для чистки одежды и обуви, умывальная общая	+18	1
11	Вестибюль, общий коридор, передняя	+16	—

Рисунок 1.9 – Таблица 5. Розрахункові температури та повітрообмін у приміщеннях, що наведено у СНиП II-Л.1-62 «Житлові будівлі»

Для аналізу та розрахунків приймаємо за старих нормативних документів +18 °С.

За ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будівлі» розрахункова температура

внутрішнього повітря згідно таблиці 2 – Розрахункові результуючі температури для проектування опалення і вимоги до повітрообміну в приміщеннях температура, температура для кімнат, дитячих ті ін. 22 ± 2 °С, рисунок 1.10 - Розрахункові результуючі температури за ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будівлі». Для аналізу та розрахунків приймемо $+22$ °С.

Приміщення	Розрахункова результуюча температура приміщення, °С, у житлі для		Вимоги до повітрообміну			
			Мінімальна кратність повітрообміну для розрахунку тепловтрат, год		Мінімальна витрата повітря та кратність повітрообміну для підбору обладнання, повітроводів у житлі для	
	здорових людей	осіб з інвалідністю та людей літнього віку	системи вентиляції		здорових людей	осіб з інвалідністю та людей літнього віку
			механічна	природна		
Загальна кімната, спальня, дитяча, кабінет	22 ± 2	22 ± 1	0,5	0,5	0,6	0,7
Кухня, кухня-їдальня	$19,5 \pm 3$	$19,5 \pm 1,5$		1,5	72 м ³ /год або 60 м ³ /год ¹⁾	100,8 м ³ /год або 60 м ³ /год ¹⁾
об'ємом не більше 20 м ³			1,0			
об'ємом більше 20 м ³			0,5			
Ванна	$25 \pm 1,5^{2)}$	$25 \pm 0,5$	0,5	1,5	54 м ³ /год	72 м ³ /год
Туалет	22 ± 2	22 ± 1	0,5	1,5	36 м ³ /год	50,4 м ³ /год
Суміщений санвузол	$25 \pm 1,5^{2)}$	$25 \pm 0,5$	0,5	1,5	90 м ³ /год	122,4 м ³ /год
Вестибюль, загальний коридор, сходові клітки, передпокії квартири	$19,5 \pm 4$	$19,5 \pm 3$	–		–	
Приміщення чергового персоналу (консьержа)	22 ± 2		0,5		0,5	
Незадимлювана сходові клітка Н1	$14^{3)}$		–		–	
Машинне приміщення ліфтів ⁴⁾	$5^{4)}$		–		$0,5 \text{ год}^{-1}$	
Сміттєзбирна камера, приміщення	5		–		1 год^{-1}	
Опалюваний гараж-стоянка	5		–		За розрахунком	
Електрощитова	5		–		$0,5 \text{ год}^{-1}$	

¹⁾ У кухнях з електроплитами
²⁾ Термічний опір внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, окрім приміщень квартири, розрахункова результуюча температура в яких відрізняється на 3 °С та більше від температури у ванній кімнаті, суміщеному санвузлі або басейні, повинен відповідати вимогам ДБН В.2.6-31 до таких конструкцій.
³⁾ Температура повітря у незадимлюваних сходових клітках типу Н1 не нормується за умови, що їх стіни, які примикають до опалюваних приміщень і мають термічний опір, відповідно до вимог ДБН В.2.6-31 для внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, розрахункова температура в яких відрізняється на 3 °С та більше.
⁴⁾ У теплий період року температура в машинному приміщенні ліфтів не повинна перевищувати 35 °С.

Примітка 1. У теплотехнічних розрахунках огорожувальних конструкцій житлових приміщень приймають відносну вологість 55 %.

Примітка 2. Указані значення кратності повітрообміну віднесені до внутрішнього об'єму приміщення. При застосуванні зовнішніх розмірів приміщення указані значення слід помножити на 0,8.

Примітка 3. Для теплого періоду року розрахункова результуюча температура приміщень не нормується, окрім будинків із системою охолодження або кондиціонування.

Рисунок 1.10 - Розрахункові результуючі температури за ДБН В.2.2-15:2019

«Житлові будівлі»

де t_n – розрахункова зимова температура зовнішнього повітря для формули 1.1 при розрахунках зовнішніх огорожень потрібно було приймати по графам 19 та 20 таблиці 1 глави СНиП II-A.6-62 «Будівельна кліматологія та геофізика», рисунок 1.11.

Для прикладу та аналізу візьмемо середню температуру з найбільш холодної п'ятиденки -21°C , та середньої температури найбільш холодних діб -26°C , $t_n = -23,5^{\circ}\text{C}$.

Продолжение табл. 1

в град											Отопительный период		Продолжительность периода со средними суточными температурами $\leq 5^{\circ}\text{C}$ в сутках
XII	за год	абсолютная минимальная	максимальная	средняя в 13 ч		расчетная для проектирования				продолжительность в сутках	средняя температура в град		
				самого холодного месяца	самого жаркого месяца	массивных ограждающих конструкций и отопления (средняя наиболее холодной пятидневки)	легких ограждающих конструкций (средняя наиболее холодных суток)	вентиляции					
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
область													
-3,3	8,4	-38	38	-4,4	26,5	-21	-26	-9	176	-1,2	111		
-3,1	8,6	-	38	-3,5	27,5	-21	-26	-9	173	-0,9	108		
область													
-3,8	7,8	-33	38	-4,6	26,4	-22	-27	-10	-	-	117		
-3,7	7,9	-	39	-4,8	26,4	-22	-27	-10	176	-1,5	117		
-2,5	8,7	-32	37	-3,8	26,4	-20	-25	-9	175	-0,7	107		
-4,1	7,7	-35	39	-5	27,1	-22	-27	-11	185	-1,6	118		
область													
-3,4	6,8	-35	36	-3,9	23,1	-21	-26	-9	189	-0,8	116		
-3,5	6,6	-34	37	-4,2	22,7	-21	-26	-10	191	-1	118		
область													
-0,2	9,3	-32	37	-1	24,2	-15	-23	-6	162	0,5	70		
-2	8,7	-34	38	-2	25,4	-17	-25	-8	165	0	90		
область													
-3	8,5	-32	39	-3,8	27,1	-21	-26	-9	176	-0,8	110		

Рисунок 1.11 - таблиці 1, СНиП II-A.6-62 «Будівельна кліматологія та геофізика», температурні показники для м. Запоріжжя

За таблицею 2, ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», середню температуру з найбільш холодної п'ятиденки -23°C , та середньої температури найбільш холодних діб -27°C , приймемо з цих показників

середній показник $t_H = -25^\circ\text{C}$.

Δt^H - нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції, приймаємо згідно показниками що представлено на рисунку 1.12, для аналізу приймаємо $\Delta t^H = 6^\circ\text{C}$.

Таблица 8

Нормируемые величины температурного перепада Δt^H

№ п/п	Вид помещений и зданий	Δt^H в град	
		для наружных стен	для бесчердачных помещений и чердачных перекрытий
1	Жилые помещения, а также помещения общественных зданий (больниц, поликлиник, детских яслей-садов и школ) . . .	6	4,5

Рисунок 1.12 – Нормуємі величини температурного перепаду за СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка»

За ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція» таблицею 5 – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, для житлових будинків для стін дорівнює 4°C , покриття 3°C .

α_B та R_B – коефіцієнт теплового сприйняття та велечина опору тепло сприйняття, що приймалося по таблиці 5, за СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка», рисунок 1.13.

Коэффициенты тепловосприятия α_B и величины сопротивления тепловосприятию R_B у внутренней поверхности ограждения

№ п/п	Род поверхностей	α_B в ккал/м ² ч град	R_B в м ² ч град/ккал
1	Внутренние поверхности стен, полов, а также потолков, гладких или со слабо выступающими и редко расположенными ребрами, отношение высоты h которых к расстоянию a между гранями соседних ребер составляет $\frac{h}{a} < 0,2$	7,5	0,133
2	Потолки, имеющие ребристую поверхность, при отношении $\frac{h}{a} = 0,2 - 0,3$	7,0	0,143

Рисунок 1.13 – Коефіцієнт теплового сприйняття та велечина опору тепло сприйняття

Приймаємо для $\alpha_B=7,5$ ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$)/ккал та $R_B=0,133$ град/ккал.

n – коефіцієнт, що залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувачої конструкції по відношенню до зовнішнього повітря, що приймалась по таблиці 9, СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка», рисунок 1.14, приймаємо $n=1$.

Таблица 9

Кoeffициент n		
№ п/п	Род ограждения	Кoeffициент n
1	Наружные стены, бесчердачные покрытия (совмещенные крыши) и перекрытия над проездами . . .	1
2	Чердачные перекрытия и бесчердачные покрытия (совмещенные крыши) с вентилируемыми продухами	0,9
3	Перекрытия над холодными подпольями, расположенными выше уровня земли	0,75
4	Перекрытия над неотапливаемыми подвалами при наличии окон в наружных стенах подвала . . .	0,6
5	То же, при отсутствии окон	0,4

Рисунок 1.14 – Коефіцієнт, що залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувачої

b – коефіцієнт якості теплоізоляції зовнішньої огорожувальної конструкції, що приймається по п. 3.11, СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка», рисунок 1.15, приймаємо для стін без теплоізоляції $b=1$, .з теплоізоляцією з мінераловатних плит приймаємо $b=1,2$ та пінополістиролом $b=1,1$

3.11. Величину коэффициента качества теплоизоляции b в формулах (9) надлежит принимать равной:

а) для наружных ограждений, утепленных материалами, подверженными уплотнению, деформации или усадке (например, стиропор, минераловатные плиты, войлок и т. п.), независимо от их объемного веса $b=1,2$;

б) для наружных ограждений, утепленных теплоизоляционными материалами с объемным весом менее 400 кг/м^3 (за исключением материалов, указанных в подпункте «а») $b=1,1$;

в) для всех прочих наружных ограждений $b=1$.

Рисунок 1.15 – Коефіцієнт якості теплоізоляції зовнішньої огорожувальної конструкції

Розрахуємо потрібний показник опору теплопередачі для першого варіанту, стіни з керамзитобетону у 350 мм та штукатурки 10 мм, рисунок 1.16

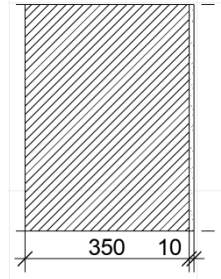


Рисунок 1.16 – Керамзитобетонна стіна

$$R_0^{\text{TP}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{в}} \Delta t^{\text{н}}} = \frac{(18 + 23,5)}{7,5 * 6} = 0,92 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град) / ккал}$$

$$\text{або } R_0^{\text{TP}} = 1,074 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

Розрахуємо величину опору теплопередачі багат шарових огорожень для нашого прикладу за формулою зі СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка»:

$$R_0 = R_{\text{в}} + R_1 + R_2 + R_{\text{н}} \quad (1.2)$$

де $R_{\text{в}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}}$, $\alpha_{\text{в}} = 7,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град) / ккал}$ (рисунок 1.13);

$R_{\text{н}} = \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}$, $\alpha_{\text{н}} = 20 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град) / ккал}$ приймаємо з таблиці 6 СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка» (рисунок 1.17);

Термічний опір однорідної огорожуючої конструкції або шару, розраховуємо по формулі:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (1.3)$$

де δ – товщина шару в м;

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$)/ккал.

Коэффициенты теплоотдачи α_n и величины сопротивления теплоотдаче R_n у наружной поверхности ограждения

№ п/п	Расположение наружных поверхностей	α_n в ккал/м ² ч град	R_n в м ² ч град/ккал
1	Поверхности, соприкасающиеся непосредственно с наружным воздухом [наружные стены, бесчердачные покрытия (свешенные крыши) и пр.]	20	0,05

Рисунок 1.17 – Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні

$$R_o = \frac{1}{7,5} + \frac{0,35}{0,65} + \frac{0,01}{0,65} + \frac{1}{20} = 0,13 + 0,53 + 0,015 + 0,05 = 0,725 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град)}/\text{ккал}$$

Або $R_o = 0,84 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$

Змодельюємо конструкцію стіни у ArchiCAD за допомогою теплового моста у модулі оцінка енергоефективності, рисунок 1.18.

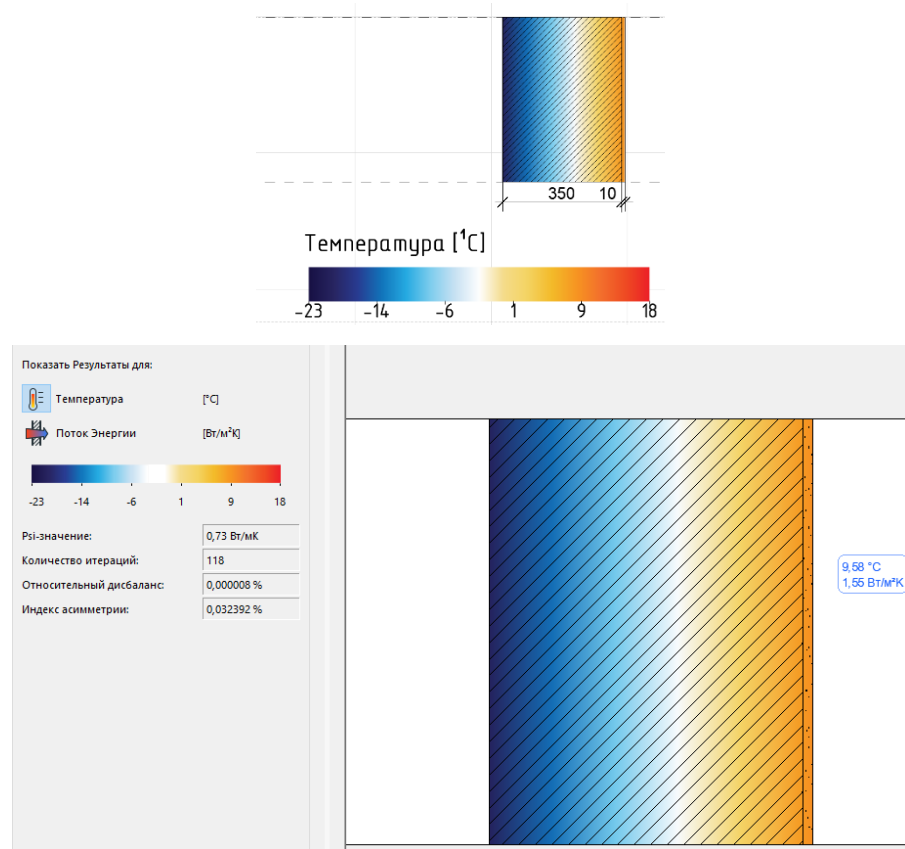


Рисунок 1.18 – Модель керамзитобетонної стіни у модулі енергоефективності ArchiCAD

Можемо бачити, що різниця між внутрішньою температурою повітря та температурою внутрішньої поверхні стіни більше 6 градусів.

Розглянемо типові конструкції зовнішніх стін для проектів типу 1-447, для прикладу візьмемо 10 мм внутрішнього шару штукатурки та 510 мм та 640 мм силікатної цегли.

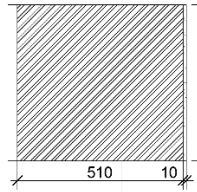


Рисунок 1.19 – Цегляна стіна товщиною 510 мм

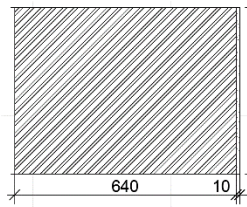


Рисунок 1.20 – Цегляна стіна товщиною 640 мм

Розрахуємо тепловий опір для цегляної будівлі у 510 мм.

$$R_o = \frac{1}{7,5} + \frac{0,51}{0,65} + \frac{0,01}{0,65} + \frac{1}{20} = 0,13 + 0,78 + \\ + 0,015 + 0,05 = 0,975 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град) / ккал}$$

$$\text{Або } R_o = 1,135 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

Як бачимо R_o задовольняє потрібному показнику опору теплопередачі, тобто $R_o > R_o^{\text{ТР}}$

Розрахуємо тепловий опір для цегляної будівлі у 640 мм.

$$R_o = \frac{1}{7,5} + \frac{0,64}{0,65} + \frac{0,01}{0,65} + \frac{1}{20} = 0,13 + 0,98 + \\ + 0,015 + 0,05 = 1,175 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град) / ккал}$$

$$\text{Або } R_o = 1,368 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

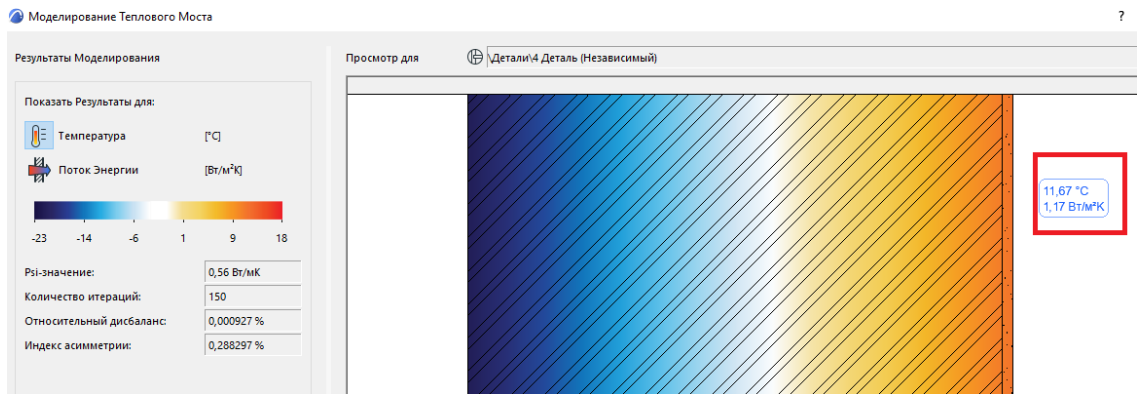


Рисунок 1.21 – Температура 11.67°C у внутрішньої поверхні цегляної стіни товщиною 510 мм

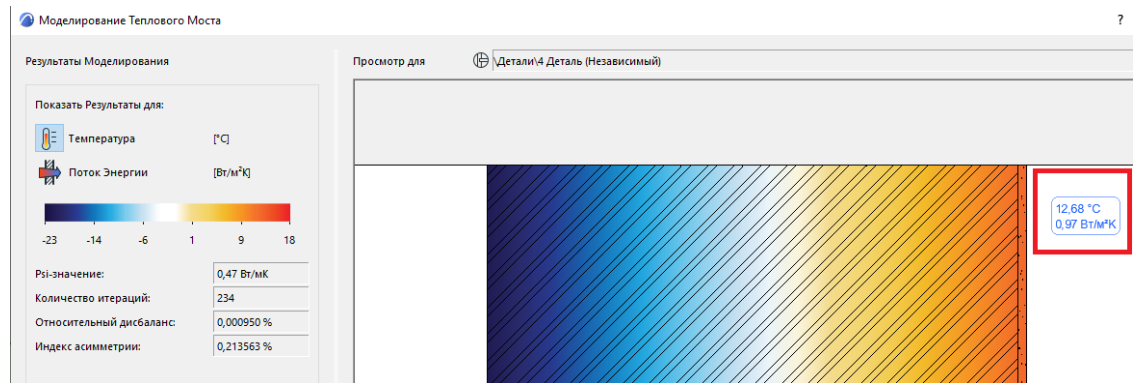


Рисунок 1.22 – Температура 12.68°C у внутрішньої поверхні цегляної стіни товщиною 640 мм

Розрахуємо тепловий опір для типової панелі товщиною 350 мм.

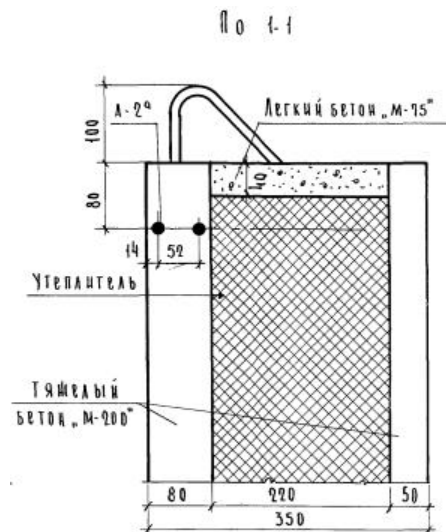


Рисунок 1.23 – Стінова багатошарова панель у 350 мм

Для залізобетону $\lambda = 1,2$ (м²·ч·град)/ккал.

У якості утеплювача, згідно пояснювальної записки на Серію 1-464А, для панелей товщиною 350 мм використовувались легобетонні вкладиші рисунок 1.24.

Между слоями укладывается утеплитель. Толщина наружного слоя (включая фактурный слой) принята 50 мм, внутреннего - 80 мм. Оба слоя выполняются из бетона марки „100“. Соединительные ребра - из керамзитобетона плотной структуры марки „75“ с объемным весом до 1100 кг/м³. В панелях толщиной 150 и 300 мм в качестве утеплителя приняты:

1. Полужесткие минераловатные плиты на фенольной связке с объемным весом до 150 кг/м³ ГОСТ 9573-60, или на битумной связке с объемным весом до 150 кг/м³ ГОСТ 9148-59.
2. Легкобетонные вкладыши из ячеистого бетона и с объемным весом до 400 кг/м³ или до 500 кг/м³ по ГОСТ 5742-61. /веса даны в высушенном до постоянного веса состоянии/. В панелях толщиной 350 мм в качестве утеплителя применяются только легкобетонные вкладыши.

В районах с влажным климатом, а также в районах с сухим и нормальным климатом севернее 60° северной широты в панелях предусматривается пароизоляция из одного слоя рубероида, укладываемого между утеплителем и внутренним бетонным слоем панели. В зависимости от технологии изготовления и метода снятия с форм наружных стеновых панелей, распалубочный уклон может быть от 15 до 25 мм. Для толщин 150; 300; 350 мм без изменения армирования панелей.

ЗАПИСКА	Серия 1-464 А	Альбом Часть 3-А	Лист 04
---------	------------------	---------------------	------------

Рисунок 1.24 – Пояснювальна записка на серію 1-464А

Згідно СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка» рисунок 1.25, легкобетонний вкладиш з пористого бетону щільністю 400 кг/м³ має теплопровідність $\lambda = 0,11$ (м²·ч·град)/ккал, приймаємо цей показник для розрахунку та аналізу.

34	Бетоны ячеистые (газобетон, пенобетон, газосиликат, пеносиликат)	1000	0,30	0,35	3,96	4,25	0,015
35	То же	800	0,22	0,25	3,02	3,20	0,018
36	»	600	0,16	0,18	2,24	2,35	0,023
37	»	400	0,11	0,12	1,51	1,58	0,030
38	»	300	0,10	0,11	1,25	1,30	0,035

Рисунок 1.25 – Показники теплопровідності пористих бетонів

$$R_0 = \frac{1}{7,5} + \frac{0,08}{1,2} + \frac{0,22}{0,11} + \frac{0,05}{1,2} + \frac{1}{20} = 0,13 + 0,06 + 2 + 0,041 + 0,05 = 2,281 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град) / ккал}$$

Бачимо, що отриманий результат відрізняється від наведеного у таблиці 1.1 та рисунку 1.1, де $R_0^{np}=1,45$ ($m^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$)/ккал, це пов'язано з тим що у самій серії приведений опір теплопередачі враховує вплив стиків, обрамлення віконних проїомів та контури проїомів.

Проаналізуємо дану модель у модулі ArchiCAD енергоефективність, задавши скореговані фізичні характеристики, а саме:

Для залізобетону $\lambda = 1,2$ ($m^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$)/ккал = $1,2 \cdot 1,165 = 1,398$ ($m^2 \cdot K$)/Вт

Треба відзначити, що тепловідність у $1,2$ ($m^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$)/ккал, рисунок 1.26, суттєво відрізняється від прийнятих нині показників теплопровідності,

III. Бетоны (удельная теплоемкость $c=0,20$ ккал/кг град)							
7	Железобетон (из бетона, указанного в п. 8)	2500	<u>1,20</u>	1,40	12,50	13,40	0,004
8	Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400	1,05	1,25	11,48	12,50	0,004
9	Бетон на кирпичном щебне	2000	0,80	0,90	9,12	9,80	0,007
10	Крупнопористый беспесчаный бетон на плотном заполнителе	1900	0,80	0,85	9,14	9,15	0,0275

Рисунок 1.26 – Показники теплопровідності для залізобетону за СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка»

що встановлені за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель», а саме $\lambda = 1,92$ ($m^2 \cdot K$)/Вт, де $1,398$ ($m^2 \cdot K$)/Вт від $1,92$ ($m^2 \cdot K$)/Вт складає 27,19%, рисунок 1.27, тобто похибка з приведеної теплопровідності, що вказана за старими нормами та у таблиці 1.1, згідно сучасних норм зменшена майже на 25%.

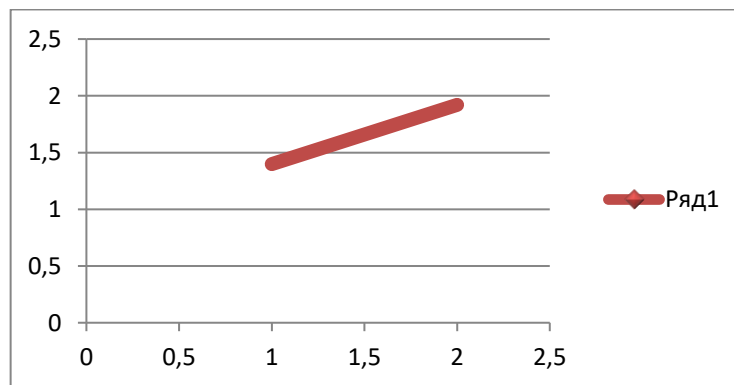


Рисунок 1.27 – Різниця показників теплопровідності залізобетону старих (СНиП II-A.7-62*) та нових норм ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Для легко бетонного вкладишу з пористого бетону щільністю 400 кг/м^3
 $\lambda = 0,11 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град)} / \text{ккал} = 0,11 * 1,165 = 0.128 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)} / \text{Вт}$

Змодельємо конструкцію у модулі енергоефективності:

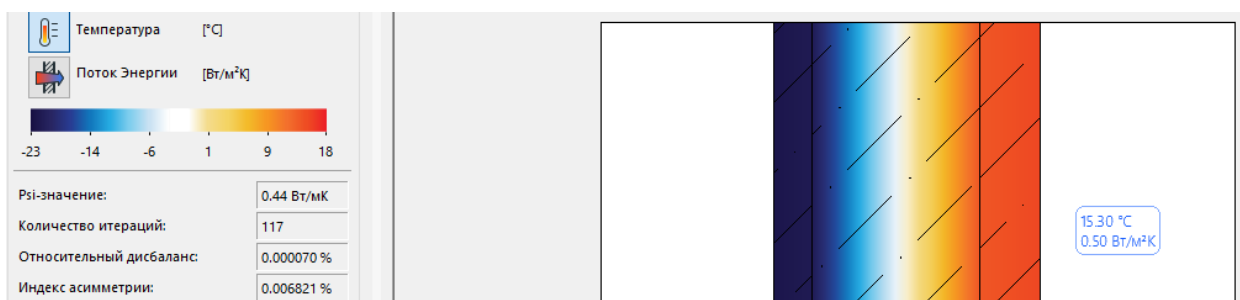


Рисунок 1.27 – Температура 15.30°C у внутрішньої поверхні стінової панелі змодельованої за старими нормативними показниками



Рисунок 1.28 – Температура 15.21°C у внутрішньої поверхні стінової панелі змодельованої за новими нормативними показниками та старими показниками температури зовнішнього та внутрішнього повітря



Рисунок 1.29 – Температура 18.87°C у внутрішньої поверхні стінової панелі змодельованої за новими нормативними показниками та новими показниками температури зовнішнього та внутрішнього повітря

Розрахуємо опір теплопередачі стінового огороження з показником теплопровідності для залізобетону $\lambda = 1,92 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$, тобто $\lambda = 1.648 \text{ (м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{град)/ккал}$

$$R_o = \frac{1}{7,5} + \frac{0,08}{1,648} + \frac{0,22}{0,11} + \frac{0,05}{1,648} + \frac{1}{20} = 0,13 + 0,048 + 2 + 0,03 + 0,05 = 2.258 \text{ (м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{град)/ккал}$$

По проведеному аналізу можна зробити наступні висновки:

- приведений опір теплопередачі старих типових огорожуючих конструкцій недостатній та не відповідає діючим нормам та стандартам;
- включення та різниця показників теплопровідності залізобетону у стінових панелях з різними шарами матеріалів не суттєво впливає на загальний показник приведенного опору теплопередачі конструкцій;
- всі будинки, що були побудовані до 90-х років потребують термомодернізації огорожуючих конструкцій.

1.2 Проблематика зношеності елементів огорожуючих конструкцій будівель

Перед термомодернізацією будівля піддається повному аналізу та підсумковим виновкам енергоаудиту у якому відображаються аналіз та оцінка елементів конструкцій. Стан огорожуючих конструкцій може достатньо у великому діапазоні корелювати остаточну ціну робіт з термомодернізації та самі фізичні характеристики опору теплопередачі та загальні показники енергоефективності. Технічний стан об'єкта за рівнем придатності згідно ДСТУ-Н В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» характеризують однією з чотирьох категорій:

нормальний – кількісні та якісні значення всіх контрольованих

параметрів технічного стану відповідають встановленим в чинних нормах значенням з врахуванням меж їх зміни та проектній документації (за наявності)

задовільний – окремі показники контрольованих параметрів не відповідають вимогам норм та/або проектній документації (за наявності) і можуть частково порушувати вимоги другої групи граничних станів, але наявні порушення вимог не призводять до порушення експлуатаційних властивостей об'єкта, необхідних для його використання за визначеним призначенням

непридатний до нормальної експлуатації – наявні дефекти і пошкодження, що призвели до значного зниження експлуатаційної придатності об'єкта, порушені вимоги другої групи та окремі вимоги першої групи граничних станів, але небезпека раптового руйнування відсутня, і при контролі (моніторингу) технічного стану можливе використання об'єкта за обмеженим режимом експлуатації

аварійний – наявні дефекти і пошкодження, що порушують вимоги другої та першої груп граничних станів, експлуатаційну придатність об'єкта вичерпано та/або є небезпека його раптового руйнування.

Також згідно стандарту житлово – комунального господарства України СОУ ЖКГ 75.11 – 35077234.0015:2009 «Правила визначення фізичного зносу житлових будинків»

Таблиця 1.2 - Фізичний знос житлових будинків у відсотках

Фізичний знос, %	Оцінка технічного стану	Загальна характеристика технічного стану
0-20	Добрий	Пошкоджень і деформацій немає. Є окремі несправності, що не впливають на експлуатацію елемента і усуваються під час ремонту
21-40	Задовільний	Елементи будівлі в цілому придатні для експлуатації, але потребують ремонту, який найдоцільніший на цій стадії
41-60	Незадовільн.	Експлуатація елементів будинку можлива лише при умові проведення їх ремонту
61-80	Ветхий	Стан несучих конструктивних елементів аварійний, а не несучих – дуже ветхий. Обмежене виконання елементами будинку своїх функцій
81-100	Непридатний	Елементи будинку знаходяться у зруйнованому стані. При зносі 100% залишки елемента повністю ліквідовані

Так, майже 80% сьгоднішніх будівель, що були побудовані до 1991 року мають характерні пошкодження та відсоток зношеності, зокрема це пов'язано з недостіними капіталовкладеннями на протязі майже 20 років на підтримання та регламентні роботи різних елементів житлових будівель управляючими компаніями.

Пошкоджений доступ до під'їздів, зношеність дверей, цоколю будівель, рисунок 1.30.



Рисунок 1.30 – Пошкодження цоколю

Пошкодження фундаментів, їх поверхова ерозія зі слідами просочування води, рисунок 1.31.



Рисунок 1.31 – Пошкодження фундаментів

Пілястр в критичному стані, тріщини у стінах, рисунок 1.32.



Рисунок 1.32 – Пошкодження стін



Рисунок 1.33 – Пошкодженні стінові панелі

Треба звернути увагу, що перераховані та продемонстровані проблеми, також поширюються на елементи покрівель, місця з'єднань стін та віконних рам, пошкодження цегляної кладки в результаті просочення води та дії морозу.

У нашому місті такими характерними прикладами служать будівлі, що

були побудовані на початку 30-х років та відбудовані одразу після війни.

У якості прикладу перерахованих проблем можна привести будівлю по вулиці Жуковського, 57.



Рисунок 1.34 - Будівля по вулиці Жуковського, 57

2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ЕФЕКТИВНОГО УТЕПЛЕННЯ

2.1 Сучасні тенденції з ефективного утеплення

Рівень енергоспоживання під час орієнтування будівлі залежить від будівельної форми будівлі та площі вікон. Виходячи з цього можуть визначатися параметри вікон - напрямок віконних прорізів, їх площа, і вибиратися характеристики скла, наприклад, може використовуватися спеціальне тонування скла для регулювання світлопроникності. У проектах будинків з гарним ступенем пасивного використання сонячної енергії великі вікна встановлюються на південному фасаді з високою інсоляцією, середньої величини на східній та західній стороні і лише дуже маленькі або без них на північній стороні. Чим більше площа вікон, тим більше можливостей у використанні інсоляції, особливо при хорошій теплоізоляції будівлі. З іншого боку, зі збільшенням площі вікон збільшуються втрати тепла через нижчий коефіцієнт теплового опору вікон порівняно із зовнішніми стінами. Тому необхідна площа вікон обмежується, виходячи з потреби в світловій інсоляції.

Іншою стороною пасивного використання енергії сонця у будинках є зниження інтенсивності інсоляції у літній період. Нагрівання за рахунок сонячної радіації влітку може стати надмірним та призводить до значних витрат електроенергії, що споживається кондиціонерами. Для вирішення цього завдання використовуються як високотехнологічні рішення, наприклад, застосування спеціальних шибок, що відображають більшу частину теплового випромінювання, так щодо прості пристрої, такі як рухливі дефлектори - спеціальні вигнуті козирки над вікнами (Рисунок 2.1).

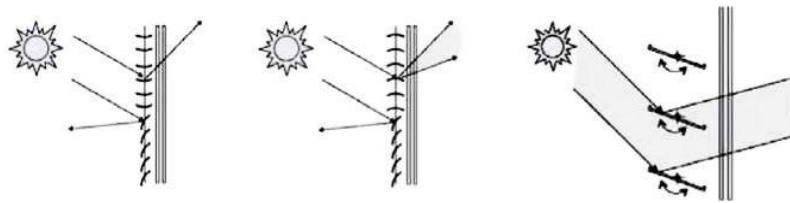


Рисунок 2.1 – Дефлектори та козирки над вікнами

Регулювання дефлектора на вікні дозволяє досягати відображення значної частини сонячних променів, або при необхідності спрямовувати сонячне світло на слабоосвітлені простори всередині приміщень (рисунок 2.2).

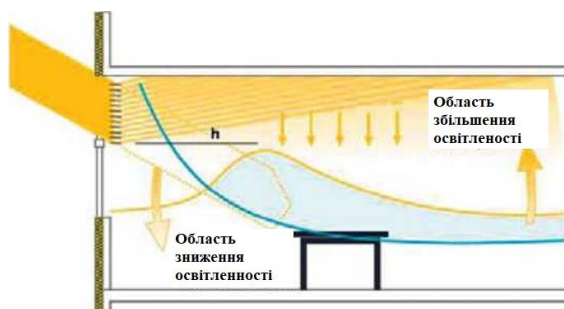


Рисунок 2.2 – Схема зміни освітленості у приміщенні під час використання дефлекторів

Споживання теплової енергії для опалення будівель становить значну частку в балансі енергоспоживання. На діаграмі, наведеній на рисунку 2.3, показано, що у комунальний сектор спрямовується понад 56% виробленої теплової енергії. З урахуванням використання теплової енергії для гарячого водопостачання, а також для адміністративних і виробничих будівель, можна оцінити частку теплової енергії, що спрямовується на опалення близько 55-60%.

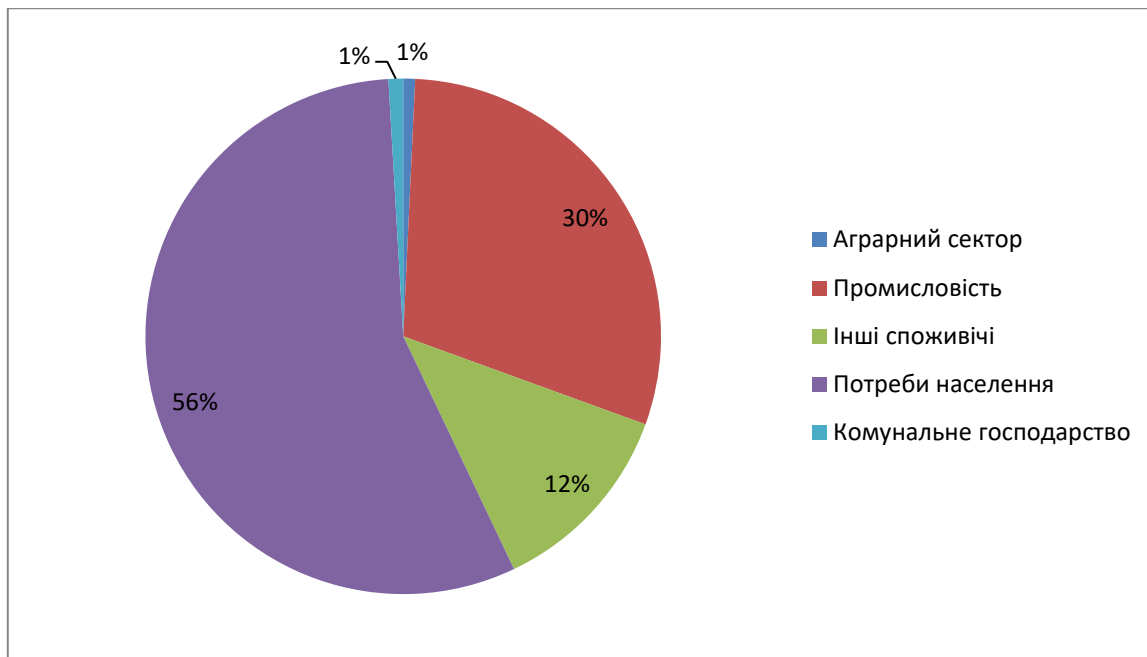


Рисунок 2.3 – Діаграма споживання теплової енергії

Близькі оцінки наводяться і для домогосподарств Німеччини, де витрати на опалення становлять близько 53% енергоспоживання в комунальному секторі. При цьому при вивченні громадської думки на цю тему в Німеччині респонденти вважали, що переважна частина споживання енергії в побуті витрачається електроприладами.

Дані свідчать про значний потенціал зниження енергоспоживання за рахунок удосконалення конструкцій будівель та систем підтримки мікроклімату в них, оскільки найбільш високим є споживання теплової енергії. З іншого боку, ми маємо справу з некоректною оцінкою важливості даного аспекту у сприйнятті людей, що потребує постійної роз'яснювальної роботи з населенням.

Теплоізоляція і герметизація будівель є досить привабливими напрямками в плані зниження втрат теплової енергії при опаленні будівель. Тривалий час будівництво будівель здійснювалося з мінімальним використанням теплоізоляційних елементів у них. Такий підхід ґрунтувався на можливості отримання відносно дешевої енергії для опалення.

Якщо розглянути фізичні основи процесу теплообміну будівлі з

навколишнім середовищем, то більша частина втрат тепла з будівель відбувається за рахунок процесу теплопередачі (Q_T) та при інфільтрації (Q_I), обумовленої повітрообміном внутрішніх приміщень:

$$Q = Q_T + Q_I \quad (2.1)$$

при цьому теплопередача через стіну визначається за залежністю:

$$Q_T = k \Delta t F = \frac{(t_B - t_H) F}{\left(\frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}\right)} \quad (2.2)$$

де k - коефіцієнт теплопередачі;

Δt - перепад температур $^{\circ}\text{C}$;

F – поверхня теплообміну, m^2 ;

α_B - коефіцієнт тепловіддачі повітря усередині приміщення;

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішнього повітря;

δ_i - товщина i -шару матеріалу стіни, m ;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності i -шару матеріалу стіни;

t_H – температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

t_B – температура повітря всередині приміщення, $^{\circ}\text{C}$.

З залежності 2.2 випливає, що величини теплопередачі і відповідно втрат тепла з будинків визначаються товщиною конструкцій, що захищають, і їх теплофізичними властивостями. Теплоізолюючий ефект різних конструкційних матеріалів залежить від їх пористості. Оскільки повітря має менший коефіцієнт теплопровідності ніж бетон і метал, то пористі матеріали матимуть менші значення теплопровідності ніж однорідні (рисунок 2.4). З іншого боку, властивості міцності конструкційних матеріалів знаходяться в зворотній залежності, тому при проектуванні будівель повинні враховуватися як теплотехнічні, так і вимоги до несучої здатності конструкцій. Посилення

вимог до рівня втрат тепла в будинках викликало інтерес до проектування каркасних і напівкаркасних типів будівель, в яких огорожувальні конструкції не мають навантажень. Це дозволяє ширше використовувати для їх спорудження матеріали з високими теплоізоляційними властивостями.

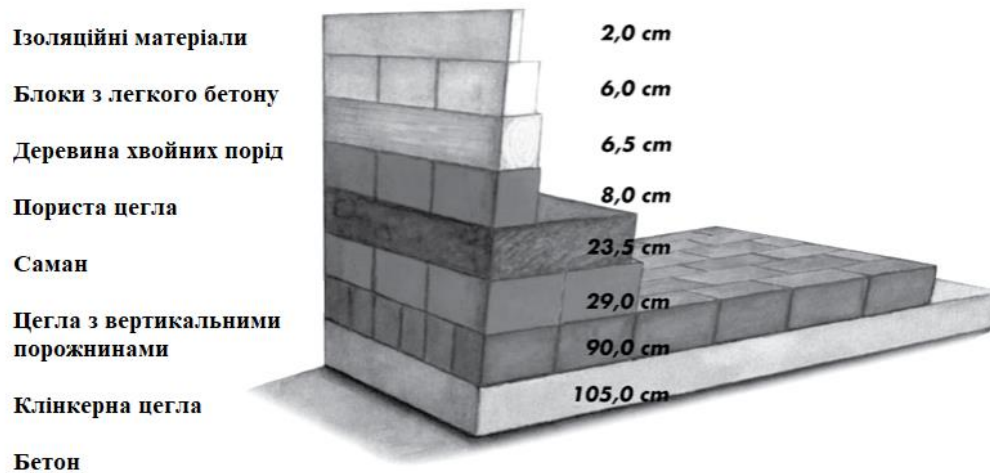


Рисунок 2.4 – Теплоізолюючий ефект від різних конструкційних матеріалів

Тепловий потік за рахунок повітрообміну розраховується за формулою:

$$Q_i = \frac{mV}{3} (t_B - t_H) \quad (2.3)$$

де m – коефіцієнт інфільтрації – кратність повітрообміну приміщення за 1 годину;

V – об'єм приміщення, m^3 .

Формула 2.3 показує, що при збільшенні герметизації будівлі, величина неорганізованого повітрообміну знижується і відповідно зменшуються тепловтрати.

Якщо розглянути характер розподілу тепловтрат через огорожувальні конструкції будівель, то в середньому воно виглядає так:

- Стіни 42-49%;
- Вікна 32-36%;
- підвальні та горищні перекриття 11-18%;

- Вхідні двері 5-15%.

Підходи до вирішення проблеми теплоізоляції будівель відрізняються залежно від того, чи планується будівництво нової будівлі, чи розглядається реконструкція існуючих будівель. В даний час будівлі, що будуються, повинні задовольняти вимогам більш жорстких норм будівельної теплотехніки, ніж у попередні роки. При цьому в багатьох країнах відбувається постійне посилення вимог до конструкцій, що захищають, за величиною теплоопору.

На рисунках 2.5 і 2.6 наведено фрагменти, що відображають зміну вимог до теплотехнічних параметрів будівель у Німеччині, обсяг застосування теплоізолюючих матеріалів в конструкціях, що огорожують, та покрівлі та потенціал зниження витрат енергії на опалення будівель при їх модернізації.

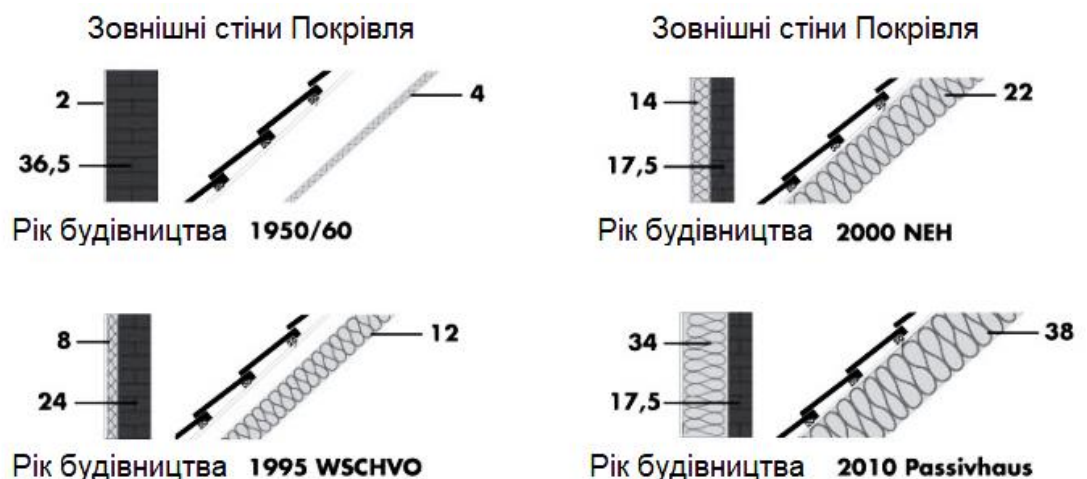


Рисунок 2.5 - Вимоги до теплоізолюючого ефекту огорожувальних конструкцій будівель у Німеччині для будівель різних років будівництва



Багатоквартирні будинки
Рік побудови 1919-1948
Потреба енергії кВт ч/м2 добу.
До модернізації прим. 265
Після модернізації прим. 75
Скорочення
енергоспоживання 72%



Одно-двоквартирні
будинки окремі
Рік побудови 1949-1968
Потреба енергії кВт ч/м2 добу.
До модернізації прим. 250
Після модернізації прим. 80
Скорочення
енергоспоживання 68%



Одно-двоквартирні
багатоквартирні
зблоковані будинки
Рік побудови 1969-1977
Потреба енергії кВт ч/м2
добу.
До модернізації 175
Після модернізації 70
Скорочення
енергоспоживання 60%

Рисунок 2.6 - Потенціал зниження витрат енергії на опалення будинків за їх модернізації

Подібні тенденції можна простежити й у будівельній практиці нашої країни. У цьому плані найбільш проблемними будинками є будівлі 60-80-х років будівлі минулого століття. У подальшому норми до теплотехнічних параметрів будівель стали жорсткішими, що наглядно було продемонстровано у першому розділі.

При новому будівництві підвищені вимоги до зниження тепловтрат враховуються при проектуванні будівель шляхом вибору відповідних матеріалів (у тому числі термоізоляційних) та використання раціональних конструкцій будівлі (рисунок 2.7).

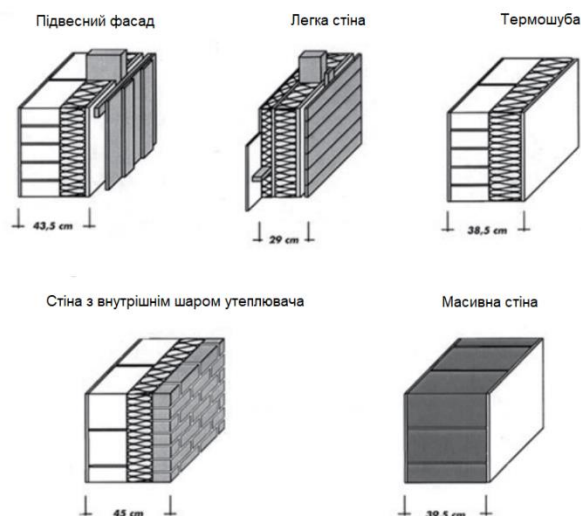
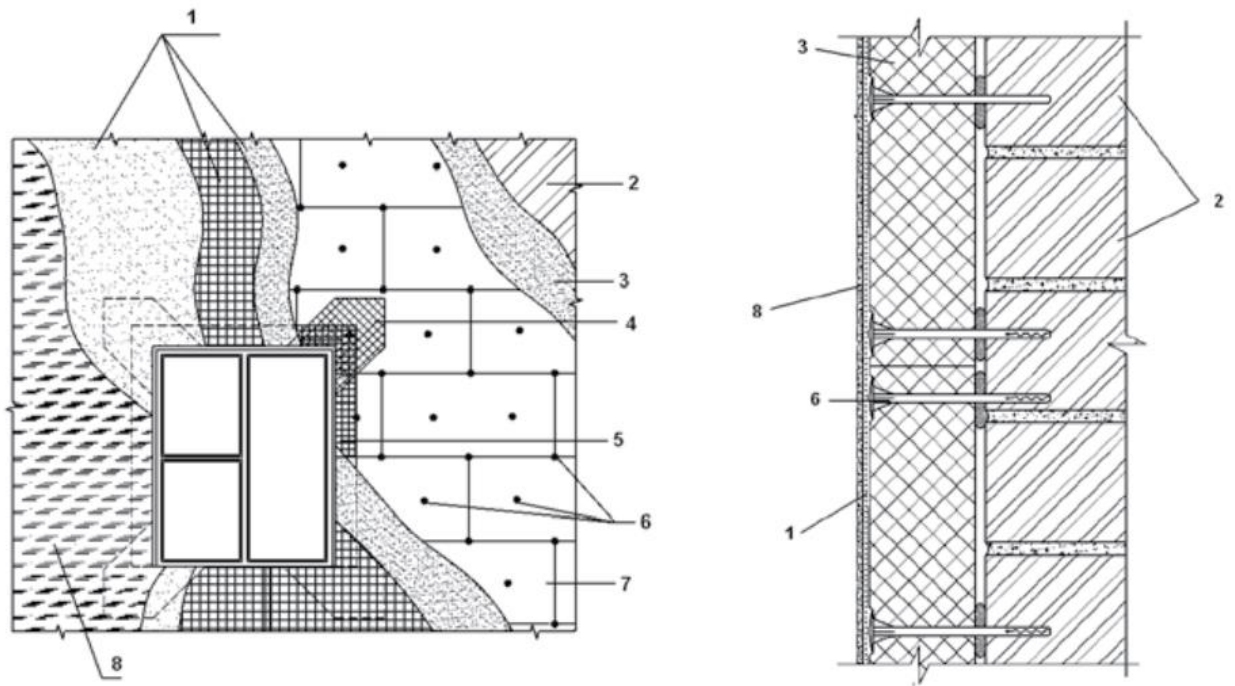


Рисунок 2.7 - Схеми конструкцій стін зі збільшеним теплоопіром

При модернізації вже збудованих будівель, можливості вибору технічних рішень щодо термоізоляції обмежені існуючою конструкцією будівлі. В даному випадку оцінюються можливості підвищення теплотехнічних властивостей будівлі та витрати на проведення такого роду роботи. У ряді випадків будівництво нової будівлі може виявитися більш прийнятним в економічному плані, ніж проведення теплової модернізації.

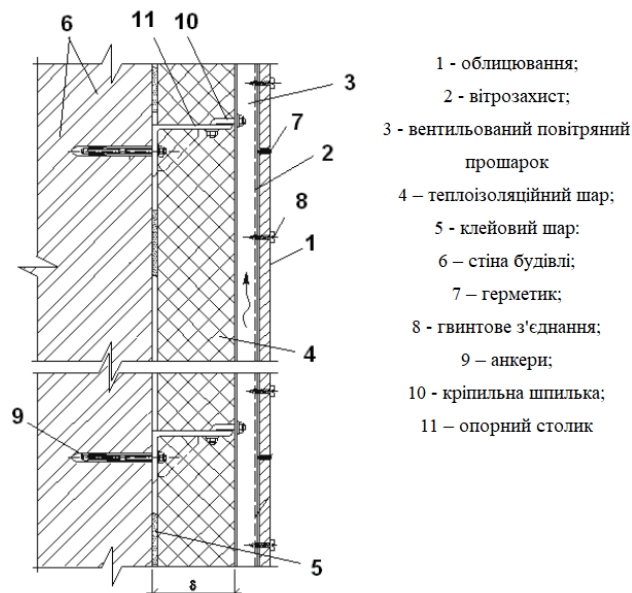
В даний час випускається велика кількість видів теплоізолюючих матеріалів на основі мінеральних ват, полістиролу, пінопластів та інших мінеральних синтетичних матеріалів. Все більшого поширення набувають теплоізоляційні матеріали, вироблені з урахуванням натуральних інгредієнтів (целюлози, льону та інших). Теплоізоляція може проводитися за рахунок використання багат шарової конструкції огорожувальних стін, коли утеплювач укладається між шарами несучих конструкційних матеріалів, або шляхом кріплення утеплювача на зовнішніх стінах та (або) всередині приміщень. З більш простих способів теплової модернізації будівель в Республіці Білорусь в даний час використовується часткова або повна теплоізоляція зовнішніх стін, а також зменшення тепловтрат через вікна шляхом використання віконних блоків з підвищеними теплоізоляційними властивостями.

Рекомендації щодо застосування різних схем утеплення стін будівель наводяться у ряді норм проектування, де відображено правила влаштування таких систем (наприклад, «Термошуба», «Церезит», «Капатект» та інших). Більшість таких конструкцій передбачає монтаж із зовнішнього боку стінок шару теплоізоляційного матеріалу. У деяких випадках шар теплоізоляційного матеріалу відокремлюють додатковою вентиляваною огорожею.



- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1 – армований шар | 5 – кутова накладка |
| 2 – матеріал стіни | 6 – анкери |
| 3 – клейовий шар | 7 – теплоізоляція |
| 4 – діагональна накладка | 8 – зовнішній захисний шар |

Рисунок 2.8 - Теплова ізоляція зовнішніх захисних стін будівель



- | |
|---------------------------------------|
| 1 - облицовання; |
| 2 - вітрозахист; |
| 3 - вентиляований повітряний прошарок |
| 4 - теплоізоляційний шар; |
| 5 - клейовий шар; |
| 6 - стіна будівлі; |
| 7 - герметик; |
| 8 - гвинтове з'єднання; |
| 9 - анкери; |
| 10 - кріпильна шпилька; |
| 11 - опорний столик |

Рисунок 2.9 - Теплова ізоляція зовнішніх стін будівель з фасадом, що ВЕНТИЛЮЄТЬСЯ.

Світовий досвід у цьому напрямку дещо ширший, зокрема при модернізації старих будівель проводиться ліквідація теплових містків, як правило, замінюються системи вентиляції, опалення тощо. Споживання теплової енергії з 260 кВт год/м² на добу до 65 кВт год/м², тобто на 75%. При цьому 6% скорочення дало утеплення покрівлі та горища, 23% – встановлення герметичних вікон замість звичайного скління, 32% – теплоізоляція стін, 2% – теплоізоляція підлоги, 12% – заміна котла на рідкому паливі 70-х років випуску на сучасний газовий.

Значні втрати тепла зосереджуються у званих містках холоду чи теплових містках - це конструктивні ділянки будівлі, де через порушення безперервності теплоізоляційної оболонки відбувається підвищена тепловіддача. Розрізняють теплові містки, зумовлені геометрією будівель (виступи та кути будівель), а також що виникають при контакті матеріалів з різними теплотехнічними властивостями. Тому при проектуванні нових будівель та реконструкції існуючих важливим завданням є мінімізація негативного впливу теплових містків.

У конструкції будівлі можна виділити ряд елементів, в яких виникають теплові містки, наприклад, перекриття між опалювальними приміщеннями та підпіллями

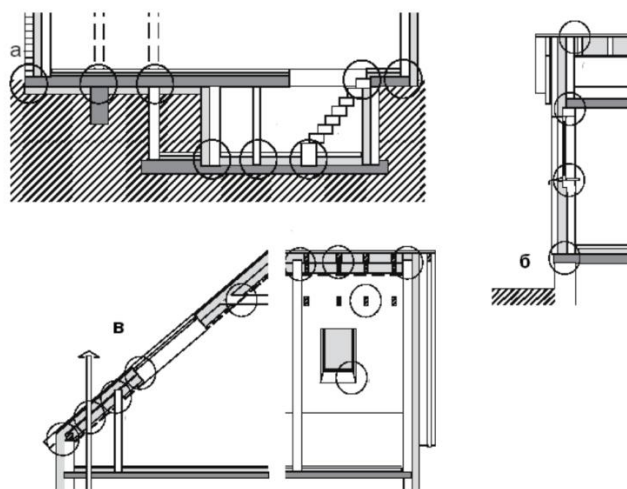


Рисунок 2.9 - Місця утворення теплових містків у будинках

а - цокольний поверх і підвал: б - огорожувальні конструкції: в - дах і дах.

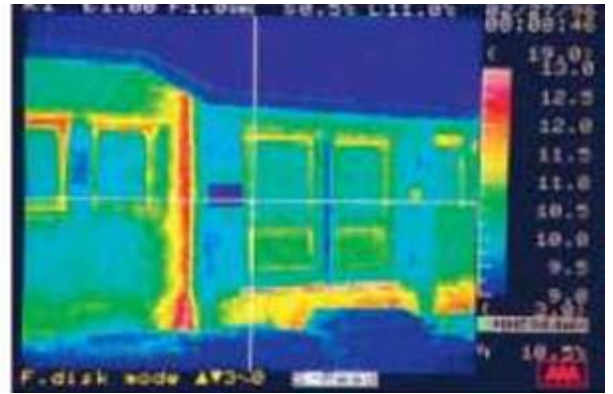


Рисунок 2.10 - Вид будівлі (а) та його термографічний знімок (б), що показує значні тепловтрати через теплові містки, що утворилися в області встановлення входних дверей з еркером

Архітектурні форми шкільних будівель часто містять велику кількість теплових містків. Наприклад, при створенні проїздів під будинками, відбуваються інтенсивні втрати тепла через перекриття арок, внаслідок їх недостатньої ізолюваності та підвищеного вітрового навантаження.



Рисунок 2.12 – Види будівель з арочними проїздами

Усунення теплових містків в конструктивних елементах будівель проводиться шляхом запобігання контакту матеріалів, що добре проводять тепло, і поверхонь, що мають значну різницю в температурах при їхній звичайній експлуатації. Технічні прийоми для реалізації таких методів у різних елементах будівель

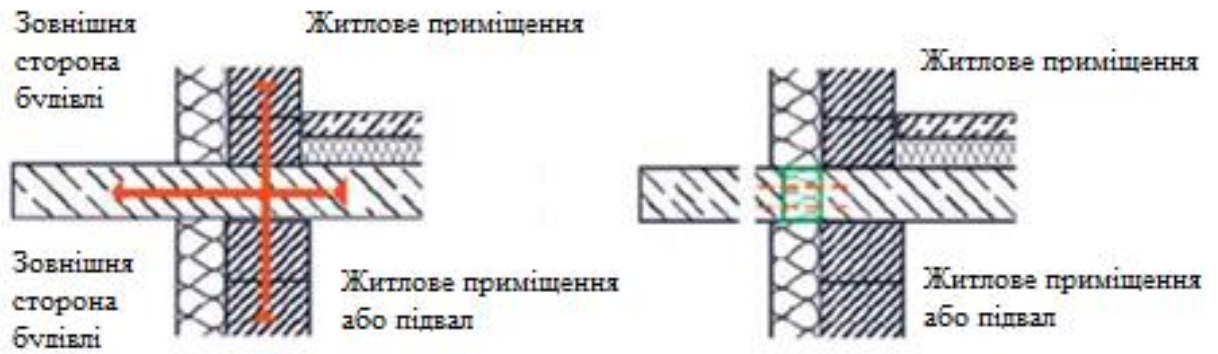


Рисунок 2.13 - Теплові містки за наявності виступів на зовнішніх конструкціях стін (а) та рішення щодо зниження тепловтрат (б)

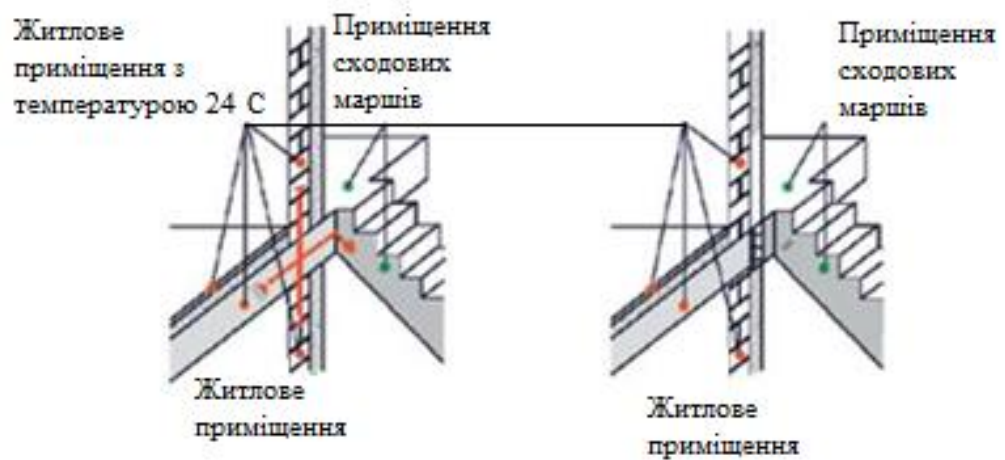


Рисунок 2.14 - Існуючі теплові містки (а) на сходових приміщеннях та технічні рішення щодо їх мінімізації (б)

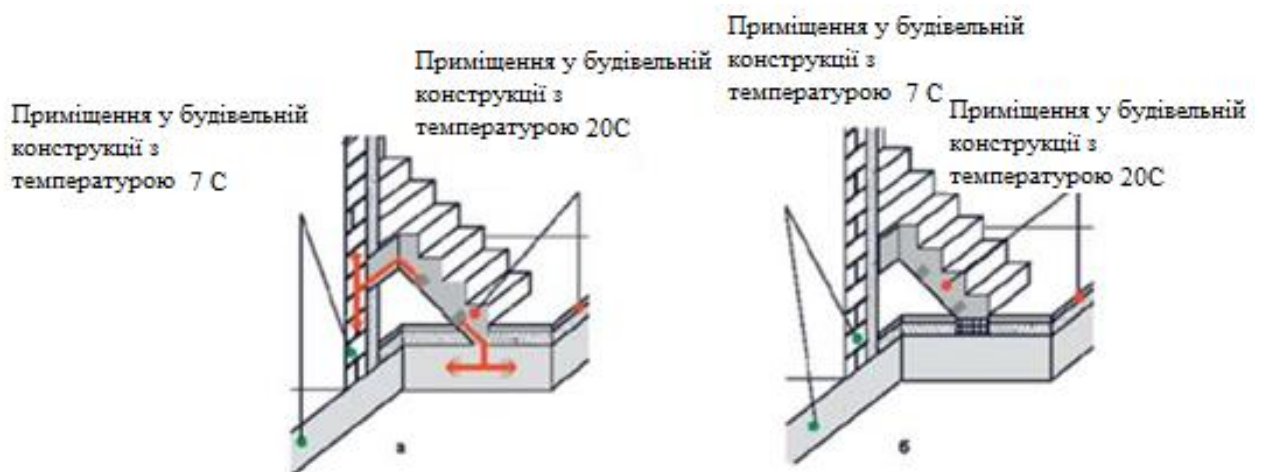


Рисунок 2.15 - Існуючі теплові містки (а) на ділянці входу в підвальні приміщення та технічні рішення щодо їх мінімізації (б)

Вікна відіграють важливу роль у оформленні інтер'єрів приміщень та фасадів будівель. Якісне вікно може бути надійним захистом від холоду, шуму, пилу. Проблемні вікна можуть призвести до марної витрати величезної кількості енергії на опалення. Традиційно вікна будівель виготовлялися з дерев'яних елементів зі склінням із одним або двома віконними рамами. До одинарних віконних рам в холодну пору часу встановлювали додаткову другу віконну раму. Така практика була звичайною для односімейних будинків. У багатоповерхових будинках та громадських будівлях подвійні рами монтувалися стаціонарно. Такі традиції у будівництві існували досить довго.

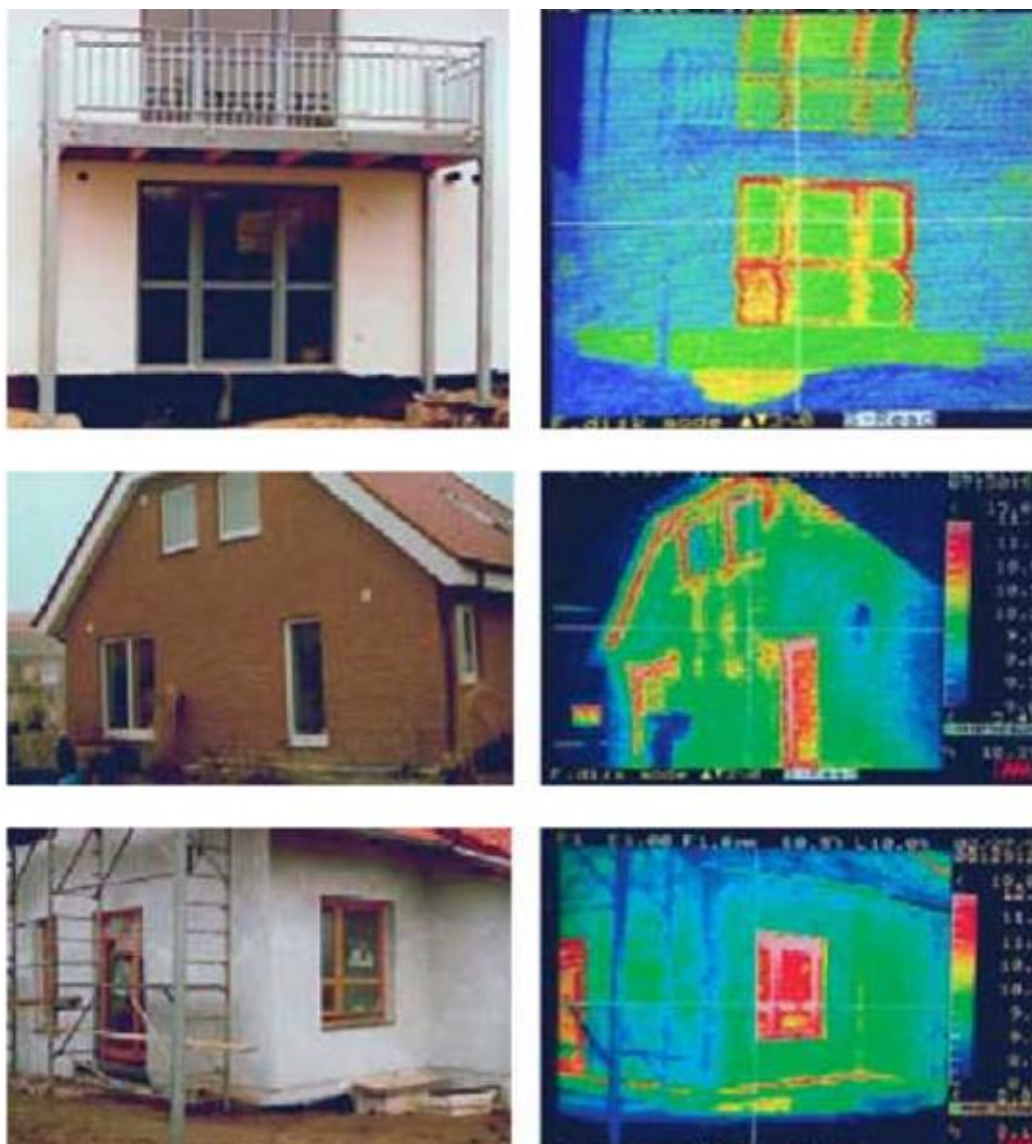


Рисунок 2.16 - Вид будівель (а) та їх термографічні знімки (б), що показують значні тепловтрати через вікна

В даний час традиційна конструкція вікон вже не задовольняє підвищений рівень теплотехнічних вимог. Як зазначалося раніше, через вікна може губитися до третини теплової енергії, витраченої на опалення. Таким чином, утеплення вікон може дати суттєвий вигрaш у зниженні енергоспоживання. Сьогодні ми маємо досить широкий вибір пропозицій у цій галузі. Можна модернізувати вікна, встановивши склопакети, спробувати вдосконалити традиційні конструкції.

Найбільш поширеним способом модернізації вікон є заміна традиційних конструкцій віконних отворів на герметичні. Установка герметичного вікна знижує втрати за рахунок зменшення припливу холодного повітря через вікно та підвищення опору теплоперенесення через площу склопакета.

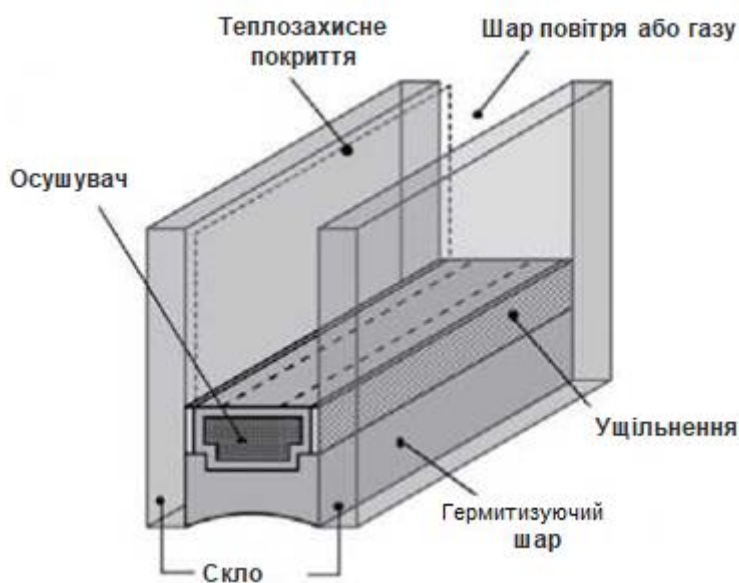


Рисунок 2.17 - Схема влаштування склопакета

Склопакети виготовляються з блоку, що складається з двох і більше шибок, між якими встановлена дистанційна рамка. По всьому периметру склопакета по краях монтується спеціальний профіль, який склеюється з шибками через двоступінчасте ущільнення для пароізоляції та забезпечення герметичності конструкції. У простір між склом не попадає повітря, оскільки це призводить до запотівання скла і втрати прозорості.

Склопакети можуть виконувати функції теплоізоляції, захисту від

надмірної сонячної радіації, звукоізоляції, протипожежного захисту, захисту від несанкціонованого проникнення в приміщення, а також поєднувати низку цих функцій. Профілі склопакетів можуть виготовлятися з полівінілхлориду (ПВХ) або дерева. У разі використовуються не цілісні дерев'яні бруски виготовлення елементів профілю, а звані сандвіч-панелі чи сандвіч-бруски. Такі бруски складаються з дерев'яних смуг і одного або декількох шарів полімерних матеріалів, що дозволяє отримати герметичні комбіновані віконні профілі з високими теплотехнічними характеристиками.

Для посилення теплоізолюючого ефекту простір між склом може заповнюватися інертним газом - аргоном. Існують конструкції склопакетів, у яких у просторі між склом створюється вакуум, а на внутрішній бік скла наноситься невидимий тепловідбиваючий шар срібла.

Опір теплопередачі віконного склопакета складає в середньому 0,3-0,8 м² °С/Вт і залежить від кількості стекол та інших особливостей конструкції склопакета.

Збільшення кількості скла в склопакеті не тільки підвищує опір теплопередачі, але і істотно знижує прозорість скління, а також призводить до обтяження віконного блоку. У зв'язку з цим більш переважним є застосування спеціальних високоефективних теплозахисних стекол, які дозволяють підвищити коефіцієнт опору теплопередачі до 0,7-1,2 м² °С/Вт і більше.

Конструкції профілів склопакетів можуть удосконалюватися за рахунок виключення добре теплопровідних металевих елементів, включення в проміжний простір між склом спеціальних плівок, що відбивають. Як теплозахисне скло можуть використовуватися два типи скла. На перший тип (так зване К-скло) наноситься стійке прозоре піролітичне покриття, яке включає ряд компонентів, здебільшого металів. Воно забезпечує проходження сонячної енергії в будинок і практично не знижує прозорість, при цьому суттєво скорочує теплові втрати через вікно. Покриття пропускає короткохвильову сонячну енергію в приміщення, але не пропускає назовні

довгохвильове теплове випромінювання, наприклад, від опалювальних приладів. На другий тип скла (так зване "1-скло") наноситься покриття методом електромагнітного напилення у вакуумі, під час якого частки оксидів металів осідають на скло. Перевага цього методу полягає в отриманні скла, покритого рівномірним якісним теплозахисним шаром. Основним недоліком такого типу скла є його знижена абразивна стійкість порівняно з К-склом, що становить певні незручності при транспортуванні та зберіганні.

Теплозахисне скління (коефіцієнт опору теплопередачі від $0,8 \text{ м}^2 \text{ С/Вт}$) дозволяє значно зменшити втрати енергії: в опалювальний

сезон можна заощаджувати на кожному квадратному метрі віконної площі сучасного теплозахисного скління порівняно з:

- простим склом – 400 кВт год/м^2 ;
- однокамерним склопакетом – 165 кВт год/м^2 ;
- двокамерним склопакетом – 165 кВт год/м^2 .

Чим більше площа вікон будинку, тим більше значення набуває якість скління та його теплозахисні властивості. Щорічна економія енергії на опалення у житловому будинку при заміні однокамерних склопакетів на теплозахисне скління із середньою площею вікон 20 м^2 становить приблизно 3300 кВт год .

Застосування герметичних віконних конструкцій дозволяє суттєво знизити тепловтрати за рахунок ліквідації надходження холодного повітря ззовні приміщення через нещільність у вікнах та збільшення опору теплопередачі через площі закслених отворів. Однак застосування герметичних віконних конструкцій може призвести до проблем, пов'язаних з недостатньою вентиляцією, підвищеною вологістю у приміщеннях та появою грибкових уражень.

Ще один підхід до реконструкції віконних систем полягає у встановленні склопакетів у негерметичні дерев'яні рами традиційних конструкцій. Таким чином зберігається звична система організації вентилявання приміщень через негерметичні вікна. Поліпшення

теплотехнічних параметрів вікна досягається за рахунок меншого теплообміну через площу скління завдяки більшому опору теплопередачі у склопакета порівняно зі звичайним листовим склом. Цей прийом може бути досить ефективним у існуючих умовах. Недолік цього способу в тому, що модернізація може виконуватися тільки для великої кількості вікон, оскільки виробництво склопакетів для окремих вікон може бути економічно не вигідно.

2.2 Аналіз теплоізоляційних будівельних матеріалів для огорожуючих конструкцій

Пінополістирол (спінений полістирол) проводиться шляхом спінювання полістиролу, поміщеного в блок-форму. Водопоглинання цього матеріалу при тривалому перебуванні в контакті з водою зростає до 5%, що негативно позначається на морозостійкості матеріалу та погіршує його теплотехнічні характеристики. Область застосування: плити зі спіненого полістиролу застосовуються як внутрішні теплоізоляції (наприклад, у тришарових панелях). Цей матеріал не рекомендується застосовувати для утеплення приміщень зсередини, а також при влаштуванні вентиляційних фасадів, оскільки це пожежонебезпечний будівельний матеріал, що вимагає наявності у своєму складі антипіренових добавок. Крім того, при нагріванні та природному старінні даний матеріал може виділяти леткі сполуки, небезпечні для здоров'я людини. Застосування даного матеріалу при утепленні фундаменту також має суттєві обмеження і можливе лише в тому випадку, коли відсутня загроза підтоплення фундаменту підземними водами. Низька міцність при короточасному стисканні та тривалому стискаючому навантаженні не дозволяє застосовувати цей матеріал для утеплення фундаменту зовні, оскільки в цьому випадку пінополістерол відчуватиме на

собі бічний тиск ґрунту.

Екструдований пінополістирол виробляють з грануліро-ванного полістиролу методом екструзії. Екструдований пінополі-стирол має низькі значення водопоглинання (не більше 0,4-0,5 %) та високу морозостійкість (витримує більше 1000 циклів заморожування-відтавання), біостійкість. Здатний витримувати досить великі навантаження, при контакті з розчинами солей, кислотами, лугами, маслами, спиртами, цементом не руйнується і не ушкоджується. Недоліки екструдованого пінополістиролу: висока вартість, відсутність паропроникності у разі виникнення пожежі тліє з виділенням токсичних речовин. Даний матеріал слід захищати від впливу органічних розчинників (наприклад, бензину, керосину), високих температур, а також не рекомендується тривалий час зберігати під сонячними променями. Цей матеріал не підійде для теплоізоляції дахів у лазнях та саунах. Область застосування: для утеплення фундаменту та виготовлення незнімної опалубки, утеплення фасадів, балконів та лоджій, цокольних поверхів, підвалів, покрівлі, може застосовуватися як для зовнішньої, так і для внутрішньої теплоізоляції будівель. Для ізоляції стін фундаменту підходять плити екструдованого пінополістиролу з питомою вагою не менше 20 кг/м. При утепленні стін екструдованим пінополістиролом необхідно передбачати систему додаткової вентиляції.

Піноскло (газостекло) є універсальним теплоізоляційним матеріалом, який складається з спіненої скломаси і має повну паронепроникність і водонепроникність. Даний матеріал нерозчинний у воді і не схильний до дії кислот і органічних розчинників, є міцним, вологостійким, довговічним (термін служби не менше 70 років), екологічним, морозостійким. Піноскло не горить і не виділяє диму та токсичних речовин, тому може застосовуватися для утеплення горизонтальної покрівлі, підлог та фундаментів. Недоліки піноскла: висока вартість, значна вага в порівнянні з іншими видами утеплювача, крім того, це матеріал, що вимагає чіткого дотримання рекомендацій при виробництві та роботі з ним.

При утепленні фасадів необхідно використовувати паропроникне м'яке піноскло, отримане методом холодного спінювання. Спільне використання утеплювача та захисної штукатурки на базі піно-скла дозволяє створити незалежну від кліматичних зон ізоляційну систему. Такий захисний штукатурний шар з піноскла виключає вбирання води утеплювачем, а також можливість утворення містків холоду, що підвищує енергоефективність всієї будівлі. Як правило, піноскло застосовується при утепленні будівлі спорядження. У разі утеплення приміщень зсередини необхідно уникати потрапляння вологи між утеплювачем та стіною. Існують також готові фасадні панелі зі спіненого скла. Невелика товщина огорожувальної конструкції з спіненого скла істотно збільшує корисну площу забудови, оскільки тепловий контур винесено за межі каркасу будівлі. Застосування готових фасадних панелей дозволяє компенсувати можливі відхилення від геометрії каркасу будівлі та забезпечує високу якість та швидкість монтажу.

Плити з паропроникного спіненого скла можна використовувати для теплоізоляції та шумоізоляції стель. Для утеплення підлоги можна використовувати блоки та плити з паропроникного спіненого скла. Блоки піноскла рекомендується також застосовувати для теплоізоляції цоколів у ґрунті і вище вимощення.

Піноскляний гравій і пінокрихта можуть застосовуватися як теплоізоляційний шар під фундаментом дрібного закладення і по периметру фундаменту.

Пінополіуретан - це гідроізоляційний, теплоізоляційний та звукоізоляційний матеріал, що є різновидом газонаповненої пластмаси. Принцип дії пінополіуретану: два рідкі компоненти незалежно один від одного подаються в розпилювач, перемішуються. Після попадання на задану основу суміш спінюється і твердне. Адгезія до основи виникає по всій поверхні, що дозволяє не використовувати кріплення. Товщина шару, що напілюється, не обмежена. Може застосовуватися для теплоізоляції зовнішніх та внутрішніх стін, покрівлі, віконних отворів, утеплення

фундаменту шляхом пошарового напилення на фундамент.

Його переваги: монолітність і відсутність швів, гідроізолюючі, теплоізолюючі та шумоізолюючі властивості, міцність, мала вага, щільне прилягання до поверхні, що утеплюється, стійкість до впливу кислот і лугів, відсутність «містків холоду», екологічність, стійкість до впливу мікроорганізмів, тривалий більше 30-50 років за правильних умов експлуатації). Недоліки: нестійкість до ультрафіолетового випромінювання, низька паропроникність, висока вартість, трудомісткість нанесення, горючість. Наносити пінополіуретан слід безпосередньо на суху і чисту поверхню, що утеплюється, за допомогою спеціального обладнання.

Базальтова мінеральна плита (кам'яна вата) складається із штучних мінеральних волокон і може бути використана для утеплення практично всіх конструкцій: стін, покрівель, перекриттів, покриттів та перегородок. За рахунок наявності порожнин між волокнами кам'яної вати забезпечується її висока теплоізолююча здатність і звукоізоляція. В даний час є одним із найбільш затребуваних теплоізоляційних матеріалів у країнах СНД та Європи. Як сировини виготовлення мінеральних плит використовуються гірські породи (базальт, діабаз, вапняк, доломіт, глина та інших.).

Переваги даного матеріалу: стійкість до перепадів температур і атмосферних опадів, низький коефіцієнт теплопровідності, негорючість і стійкість до високих температур, паропроникність, біостійкість, висока міцність на стиск, мала вага, доступна ціна. Недоліки кам'яної вати: нестійкість до тривалого впливу води та ультрафіолету, утворення в процесі монтажних робіт великої кількості пилу.

Кам'яна вата випускається у вигляді м'яких матів та плит, у тому числі армованих та фольгованих для утеплення будівель, а також у вигляді жорстких циліндрів та плит з армуванням та фольгуванням для утеплення труб, димоходів та повітроводів. Область застосування: базальтова мінеральна вата з меншими значеннями щільності може застосовуватися як утеплювач для внутрішніх стін, перегородок, нежитлових горищ, лазень та

саун (за умови наявності гідроізоляції утеплювача); з великими значеннями щільності – як утеплювач для фасадів будь-якого типу, стель, підлог, міжповерхових перекриттів, покрівлі, мансардних приміщень, трубопроводів, камінів, вентиляційного обладнання.

Скляна вата - це матеріал, що складається з мінеральних волокон, як і кам'яна вата. На відміну від кам'яної вати скляна вата має більш товсті і довгі волокна, що дозволяє їй мати підвищену пружність і міцність. Переваги скляної вати: забезпечує хорошу теплоізоляцію та звукоізоляцію, має хімічну стійкість, високу вібростійкість, негіроскопічну, пожежостійку, не виділяє токсичних речовин під впливом вогню, характеризується малою щільністю та вагою; міцність, еластичність і гнучкість.

Недоліки: температуростійкість скляної вати суттєво нижча, ніж у базальтової мінеральної вати; при монтажі може утворювати велику кількість пилу, вимагає роботи з використанням засобів індивідуального захисту.

Область застосування: для теплової ізоляції будівельних конструкцій, для утеплення будь-яких нерівних поверхонь і конструкцій будь-якої форми. Жорсткі плити зі скляної вати, облицьовані склопівстю, здатні витримувати значні навантаження і є хорошим вітрозахистом. Скловолонисті матеріали зазвичай пресуються в рулони і завдяки пружним властивостям швидко відновлюють початковий обсяг практично відразу після розтину рулону.

Ековата - це целюлозне волокно, яке на 80% складається з волокон целюлози, 12% становить борна кислота, що має властивість антисептика для захисту від грибка і бактерій, 8% - тетраборат натрію, що є антипіреном, що знижує рівень горючості. Завдяки добавкам антисептиків та антипіренів (нетоксичних та безпечних для людини) ековата відноситься до групи вогнестійких матеріалів, виключає появу грибка та плісняви.

Даний матеріал має хороші теплоізоляційні та механічні властивості, що дозволяють створити безшовний однорідний шар. Перевагами ековати є здатність поглинати вологу без суттєвого погіршення теплоізоляційних властивостей, навіть за значного зволоження матеріалу (до 20 %). Однак

умови експлуатації ековати повинні передбачати провітрюваність шару утеплювача. Таку теплоізоляцію не варто використовувати при утепленні цокольного поверху та перекриттів над підвальними приміщеннями, в яких рівень вологості стабільно високий та волога не залишає теплоізолюючий шар. Ековата, яка подається в конструкцію по шлангу видувною машиною, проникає в важкодоступні порожнини і утворює безперервний і безшовний теплоізоляційний контур. Безшовність теплоізолюючого шару з ековати перешкоджає утворенню «містків холоду» та порожнин. Звукоізолюючі властивості ековати дозволяють їй амортизувати звукові хвилі на відміну від пінополістиролу і надійно захищати внутрішні приміщення від шуму зовні будівлі.

Утеплення будівлі з використанням ековати можна виконати кількома способами:

- 1) промисловий варіант передбачає розпилення ековати на поверхню, що утеплюється, а також укладання в каркас сухої ековати (сухий спосіб);
- 2) мокрий спосіб передбачає використання в якості клеючої речовини лігніну, що підходить для утеплення цегляних та блокових будівель.

Термін окупності утеплення фасаду будівлі екуватою становить не більше трьох років. Витрати на опалення знижено у вісім разів.

До недоліків можна віднести дорожнечу обладнання для утеплення екуватою і необхідність залучення висококваліфікованих фахівців. Жорсткість ековати в порівнянні з пінополістирольними плитами набагато нижча, що не дозволяє використовувати її для безкаркасної самостійної теплоізоляції при влаштуванні стяжок для підлоги. Економічним та технологічним рішенням для добре утепленої будівлі у разі утеплення екуватою буде каркасна стіна товщиною 45-50 см.

Керамзит – пористий та легкий матеріал, утворений шляхом випалу глини. Матеріал має форму овальних або круглих гранул, виробляється також у вигляді піску – керамзитовий пісок. Переваги керамзиту: його невисока вартість, екологічність, морозостійкість, довговічність, міцність,

вогнестійкість, відсутність гризунів. Область застосування: утеплення фундаментів, підлог першого поверху, даху, мансарди та перекриттів між поверхами; може використовуватися як заповнювач у легкому бетоні, для виготовлення «теплого» розчину кладки, для виробництва керамзитобетонних блоків, в якості зворотного засипки, що має теплоізоляційне і звукоізоляційне значення.

Область застосування: виготовлення «теплого» розчину кладки, утеплення і звукоізоляція підлог, фундаменту, стін і покрівлі, теплоізоляція трубопроводів, в якості теплоізолюючої зворотної засипки.

Види керамзиту:

1) гравій керамзитовий фракції 20-40 мм використовується для засипання горищних приміщень, фундаментів та приміщень, де необхідний досить великий теплоізолюючий шар;

2) гравій керамзитовий фракції 10-20 мм застосовується як утеплювач для покрівлі, дерев'яних підлог та стін;

3) гравій керамзитовий фракції 5-10 мм найбільш затребуваний і широко застосовується при виготовленні «теплих» підлог, утепленні фасадів за технологією «капсимет», виробництві бетонних виробів та конструкцій (керамзитобетонні блоки);

4) пісок керамзитовий фракції 0-5 мм застосовується при влаштуванні цементних стяжок для підлог, при виготовленні різних бетонних виробів;

5) пісок керамзитовий фракції 0-3 мм застосовується при виготовленні «теплого» розчину кладки.

Для утеплення стелі керамзитом можна використовувати керамзит двох різних фракцій для більш щільного засипання та надійнішої теплоізоляції.

Утеплення фундаменту керамзитом можна виконувати зовні фундаменту або зсередини. При утепленні фундаменту зовні велику увагу слід приділити облаштуванню дренажу та екрануванню гідроізоляційним матеріалом від зовнішнього середовища, оскільки при змочуванні підземними водами керамзит втрачає свої теплоізоляційні властивості.

Пристрій вимощення по периметру будівлі дозволяє покращити теплоізоляційні властивості керамзитового шару. У разі утеплення підпільного простору зсередини виконується засипка керамзитом всього внутрішнього простору під підлогою або по периметру приміщення, вздовж стін фундаменту, з виконанням при цьому опалубки. У цьому випадку між шаром засипки керамзиту і чорною підлогою не повинно бути щілин.

Теплоізоляційна суміш кладки («теплий» розчин кладки) складається з легкого мінерального наповнювача, володіє низькою теплопровідністю і призначена для виконання кладки з функцією теплоізоляції. Може застосовуватися як розчин для цегляної та кам'яної кладки, для кладки поризованих блоків і каміння, а також для заповнення та замонолічування великих порожнин і щілин. Дослідження показують, що використання в якості розчину теплоізоляційної суміші кладки підвищує термічний опір огорожувальної конструкції в порівнянні з використанням звичайного цементно-піщаного розчину приблизно на 20%. Деякі суміші кладки виготовляються із застосуванням системи внутрішнього армування, що підвищує міцність на вигин і стійкість шва до деформацій при перепадах температур.

Підстава для теплоізоляційної штукатурки і суміші кладки повинна бути сухою, чистою, міцною, не повинна піддаватися усадці або деформаціям.

Теплоізоляційне покриття з наногеля (аерогелю) - це одне з інноваційних рішень для теплоізоляції та звукоізоляції конструкцій будівель, що захищають. Структура аерогелю є деревоподібною мережею з об'єднаних в кластери частинок розміром 2-5 нм і заповнених повітрям пір розміром до 100 нм. Його переваги: хороші теплоізоляційні властивості, екологічність, світлопроникність, мала вага, водонепроникність, стійкість до перепадів температур, пожежостійкість. Цей матеріал можна застосовувати при реконструкції існуючих будівель. Розмір частинок наногеля коливається в інтервалі від 0,5 до 4,0 мкм, діаметр пор - 20 нм. Теплоізоляційна панель

товщиною 25 мм, наповнена наногелем, ізолює тепло в 1,5 рази краще за мінераловатну панель тієї ж товщини і в два рази краще, ніж скловата. Область застосування наногеля: утеплення внутрішніх і зовнішніх поверхонь стін, у тому числі багат шарових, покрівлі, при влаштуванні теплої підлоги.

Термопена (заливальний пінопласт, пеноізол) – це теплоізоляційний матеріал, отриманий з піноізолу. Для його виробництва використовуються карбамідні смоли, піноутворювачі і кислоти, які, перемішуючись, формують піну. Переваги термопени: хороші теплоізоляційні та звукоізоляційні властивості, паропроникність, мала щільність матеріалу, пожежостійкість, відсутність містків холоду та менша вартість порівняно з теплоізоляцією готовими плитами. Недоліки: низька міцність на розрив, порівняно з екструдованим полістиролом; при тривалому зволоженні може знижувати теплоізоляційні властивості; у період полімеризації та сушіння виділяє разом з водою незначну кількість газоподібного формальдегіду; через гігроскопічність цей матеріал не можна використовувати для утеплення підземної частини фундаментів і як утеплювач під залізобетонну стяжку, може давати усадку в процесі сушіння до 1%.

Область застосування: як утеплювач при реконструкції будівель, для заповнення порожнин і порожнин, наприклад в цегляній кладці, місць сполучення віконних отворів і дверних прорізів зі стіною, для заповнення порожнин, що утворилися через неякісний монтаж і усадку мінеральної вати або сипучого утеплювача, для заповнення порожнин, що утворилися від знищеного гризунами пінополістиролу, для зовнішнього утеплення стін, фасадів, балконів, підлог, перекриттів.

Вакуумна ізоляційна плита має гарну теплоізоляцію і зазвичай застосовується при індустріальних методах теплоізоляційних робіт. Збірні вакуумні ізоляційні плити широко застосовуються в холодильній промисловості та в будівельній галузі. Вакуумна ізоляційна плита складається з заповнювача, діафрагми та газопоглинача. Переваги такої плити: мала маса, підвищена надійність, вогнестійкість, екологічність,

тривалий термін служби за умови правильної експлуатації.

Деревно-цементні плити та вироби мають ряд переваг: хороші теплоізоляційні та звукоізоляційні властивості, вологостійкість, морозостійкість, вогнестійкість, стійкість до впливу мікроорганізмів та комах.

Фіброліт - ще один приклад будівельного матеріалу із спресованої деревної стружки. Можна виділити такі види плит із цементного фіброліту:

- стандартні плити із цементного фіброліту;
- композитні плити з цементного фіброліту (сендвіч-плити з наповнювачем з полістиролу, пінополіуретану, мінеральної вати або іншого ізоляційного матеріалу);
- армовані покрівельні плити із цементного фіброліту.

Переваги використання фібролітових магnezіальних плит як матеріалу для обшивки каркасу: негорючість матеріалу, екологічність, теплоізоляція та звукоізоляція, простота використання, матеріал легко пиляється та монтується.

Матеріал Durisol (Дюрісол) на 80-90% складається з тріски хвойних дерев, обробленої мінеральними добавками і скріпленої портландцементом. Це екологічний, легкий, міцний і довговічний матеріал, який має відмінні теплоізоляційні та звукоізоляційні характеристики, вогнестійкість, не схильний до впливу мікроорганізмів, морозостійкий, не вимагає залучення важкої вантажопідйомної техніки. Матеріал має підвищену адгезію до штукатурних складів, що спрощує процес обробки стін і, в сукупності, веде до значного зниження трудомісткості, термінів робіт і вартості готової конструкції в порівнянні з традиційними технологіями. Це легкий у обробці матеріал, пориста структура якого полегшує фінішне оздоблення штукатурними складами.

Область застосування: при монолітному будівництві житлових (індивідуальних та багатоквартирних) будинків, адміністративних, громадських та виробничих будівель та споруд.

3 ОПТИМІЗАЦІЙНІ РІШЕННЯ З ВИБОРУ СИСТЕМ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

3.1 Засоби з підвищення термічного опору огороджуючих конструкцій

Структура втрат теплової енергії через огорожувальні конструкції відрізняється для одного і того ж типу будівель в залежності від поверховості, матеріалу огорожувальних конструкцій, року будівництва, терміну експлуатації, а також якості будівельних робіт. Наприклад, для будинків залежно від поверховості вона така:

- на стіни припадає 30-35% тепловтрат в одно- та двоповерхових будинках, до 42% - у п'ятиповерхових, до 49% - у дев'ятиповерхових;
- тепловтрати через вікна становлять 25, 32 та 35 % для одно- двоповерхових, п'ятиповерхових та дев'ятиповерхових будівель відповідно;
- через цокольні та горищні перекриття, фундаменти будівлі втрачається в середньому від 10 до 20% тепла.

Експлуатаційна енергоефективність будівлі формується насамперед її теплоенергоефективністю, яка, у свою чергу, залежить від теплозахисних властивостей глухої та світлопрозорих частин конструкцій будівлі, що огорожують. Світовий досвід показує, що підвищити енергетичну ефективність будівель можна лише у разі застосування комплексних архітектурно-будівельних рішень.

Для скорочення втрат теплової енергії в будівництві сьогодні застосовуються різні планувальні рішення, теплоізоляційні матеріали та конструкції, енергоефективні фасадні системи, технології зведення монолітних будинків з незнімною опалубкою, енергоефективні світлопрозорі

конструкції. Огороджувальні конструкції в будівлях низького енергоспоживання необхідно влаштовувати максимально герметичними, повітронепроникними, без так званих «містків холоду». «Мостики холоду» - це ділянки в конструкціях, що захищають будівлі, де внаслідок геометричних умов і застосування матеріалів з різними параметрами створюються умови для поширення тепла в двох або трьох вимірах.

Як приклад таких ділянок можна навести стики стін з різних матеріалів, стики віконних отворів і стін, місця сполучення будівельних матеріалів з різною теплопровідністю.

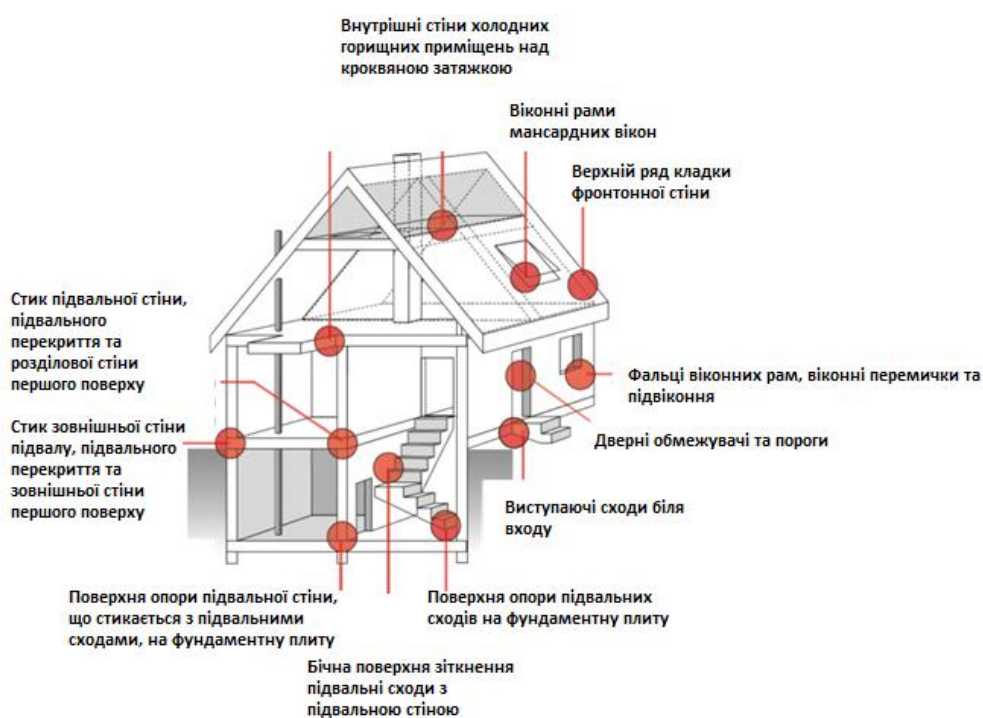


Рисунок 3.1 - Схема ділянок, де утворюються «містки холоду»

Використання сучасних енергоефективних конструкцій, матеріалів та технологій дозволяє проектувати будівлі та споруди не лише з низьким споживанням енергії, а й з різними показниками цінового діапазону, комфортабельності та екологічності.

Для збільшення енергоефективності з планувальної точки зору малоповерхові будівлі повинні проектуватися максимально компактними і з меншою порізаністю фасаду. Це дозволить скоротити площу зовнішніх

огорож та знизити тепловтрати в зимовий період та теплонадходження у літній період. Таким чином, чим менше відношення площі огорожувальних конструкцій до об'єму будівлі, тим менше схильна будівля впливам клімату.

Одним із прикладів енергоефективних малоповерхових будівель є ширококорпусні будинки. Головна їх особливість полягає у збільшеній ширині корпусу (до 23,6 м) з дотриманням усіх норм інсоляції та повітрообміну. У цьому випадку відношення корисної житлової площі до площі зовнішніх стін збільшується, а теплові втрати знижуються на 20-40%.

Відповідно до розрахунків, ідеальною формою енергоефективної будівлі є півсфера, звернена зрізом до землі. Форма сфери має найменше відношення площі зовнішніх стін до внутрішнього обсягу будівлі, що забезпечує економію будівельних матеріалів та скорочення витрат на опалення та кондиціювання на 70-90%. Крім цього купол має на 60-70% менше деталей у каркасі конструкції, відрізняється світловими характеристиками, так як сферична форма має властивість розсіювати світло, а завдяки аеродинамічному ефекту конструкції вітер огинає купол з меншим опором, крім того, купольна конструкція є ідеальним варіантом для встановлення сонячних батарей та використання альтернативних джерел енергії. Поєднані в одній конструкції коло і купол складають стіни, перекриття та покрівлю. Така конструкція у разі виготовлення зі збірних елементів та «м'яких» матеріалів стійка до динамічних навантажень та снігових заметів.

Універсальність купольної споруди дозволяє вписати її практично в будь-який ландшафт, а також прилаштувати до неї додаткові кімнати такої ж форми. До недоліків купельної конструкції можна віднести дорогі рішення, пов'язані з віконними отворами, а також необхідність вибору просторого ділянки для будівництва. Така конструкція вимагає проведення грамотних та точних розрахунків геодезичного купола. Оптимальними матеріалами для купольного будинку є дерево, а також бетон.

Орієнтація будинку повинна бути широтною, з урахуванням панівного

напряму вітру в зимовий період. Вхід повинен бути з підвітреного боку, житлові кімнати в найтеплішій зоні з південного боку будинку, кухня - зі східного боку будинку, а господарські приміщення - зі східного або західного боку. Орієнтація основного фасаду будівлі на південну сторону дозволить отримати додаткову можливість обігріву приміщень за рахунок сонячної енергії в зимові місяці, збільшити використання світлового дня. Крім того, така орієнтація будівлі може використовуватися для отримання сонячної енергії або нагрівання води для опалення самої будівлі. Необхідно передбачати максимальне скління південних фасадів та мінімальне скління північних фасадів будівлі. З північного боку можна розташувати майстерню або гараж, неопалюваний зимовий сад або веранду. Обов'язковою умовою також є наявність вхідного тамбуру. Затіненість будинку деревами та іншими будівлями повинна бути виключена.

У регіонах з холодним кліматом оптимальним рішенням є влаштування лише одного вікна для освітлення кухні. Мінімальна кількість вікон повинна бути передбачена також у західній та східній стінах будівлі, а південна стіна має бути повністю зашклена. У деяких проектних рішеннях збільшення енергоефективності будівлі лише третина зашкленої поверхні використовується для природного освітлення та інсоляції житлової кімнати. У решті стіни за склінням розміщується залізобетонна стінова панель (стіна Тромба) з пофарбованою в чорний колір зовнішньою поверхнею. Зазор між цією стіною панеллю та внутрішнім склом утворює свого роду сонячну теплицю. Таким чином, сонячна радіація, проходячи через скління, поглинається чорною поверхнею бетонної стіни та нагріває її.

3.2 Теплоізоляційно-конструктивні енергоефективні матеріали

Як приклад теплотехнічно неоднорідної огорожувальної конструкції можна навести будівельні блоки з кремнеграніту (тепlobлоки,

теплоефективні блоки). Такі блоки являють собою багатошарову конструкцію, яка забезпечує несучу здатність стіни, теплоізоляцію, звукоізоляцію та зовнішнє облицювання (рисунок 3.2)

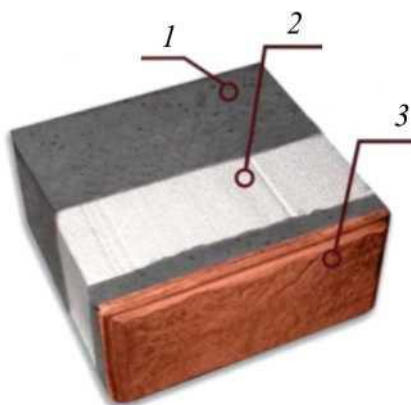


Рисунок 3.2 - Схема блоку з кремнеграніту:

1 – керамзитобетон; 2 - пінополістирол; 3 – фактурний бетон

Лицьова сторона блоку (фасадний шар) може мати різноманітну фактуру (наприклад, облицювальна плитка, цегляна кладка, натуральний камінь). Внутрішній шар (що утеплює шар) складається з утеплювача (наприклад, пінополістиролу). Третій шар блоку (несучий шар) складається з керамзитобетону і є несучим елементом стіни. Шари з'єднуються один з одним базальтовими стяжками. Достоїнствами даного будівельного матеріалу є його високі теплоізоляційні властивості, довговічність, екологічність, мала вага, мала витрата клею. З блоків формується готова стіна з облицюванням та утепленням. Технологія зведення стін із тепlobлоків передбачає майже повну відсутність «мокрих» процесів. Серед недоліків можна відзначити крихкість лицьової сторони блоку та зв'язків між складовими частинами блоку.

Дана технологія дозволяє виконувати швидкісне будівництво малоповерхових будинків з огорожувальними конструкціями з багатошарових теплоефективних блоків і включає наступні підсистеми:

- стіни будівель з теплоефективних блоків із зовнішнім декоративним захисним шаром;

- дрібнозаглиблені утеплені монолітні залізобетонні фундаменти, поєднані з цоколем, на піщаній подушці (можливі палі на ґрунтах, що слабо несуть);

- монолітні просторові залізобетонні каркаси (допускається спорудження до трьох поверхів включно без використання каркасу);

- малі архітектурні форми для прикраси фасаду та інші технології.

Економія витрат на опалення та кондиціонування при експлуатації будинків, збудованих із теплоблоків, у порівнянні з цегляними будинками становить 3-3,5 рази. Кладка стін з багатошарових теплоефективних блоків з зовнішнім декоративним шаром виконується в один ряд (ланцюгова система), що дозволяє досягти більшої швидкості зведення стін. Економія при спорудженні фундаментів будівель з теплоблоків становить приблизно 15-20 % за рахунок малої ваги кладки з теплоблоків у порівнянні з цегляною кладкою.

Для вирішення проблеми зниження витрат енергетичних ресурсів при експлуатації цегляних будівель в даний час розроблені керамічні камені і блоки великих розмірів з порожнечами раціональних розмірів (рисунок 3.3).

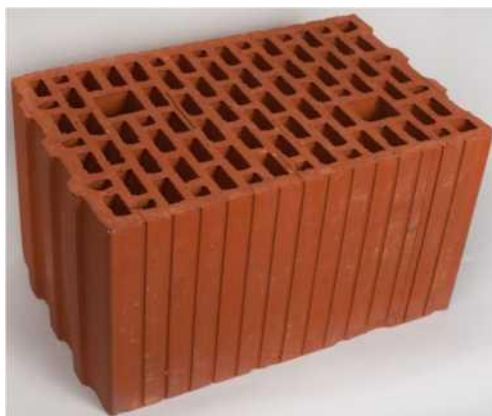


Рисунок 3.3 - Керамічний камінь

Цей матеріал має всі переваги традиційної цегли, але має більш високі теплоізоляційні властивості. Зовнішні стіни з керамічних блоків можуть влаштовуватися одношаровими, двошаровими та тришаровими.

Для територій з теплими кліматичними умовами можливе застосування

легкого бетону, що виконує відразу дві функції: конструктивну та утеплювальну.

Як приклад можна навести полістиролбетон, який має високий опір теплопередачі, низьку об'ємну щільність (300 кг/м³ і менше), відносно високу міцність на вигин (у порівнянні з керамзитобетоном), морозостійкість і пожежостійкість. Область застосування: блоки з полістиролбетону, призначені для зведення зовнішніх стін будівель і перегородок, монолітної теплоізоляції стін, підлог, горищ, покрівель, каркасних конструкцій з опалубкою, що не знімається; плити утеплення фасаду та покрівлі; малі архітектурні форми; замонолічування стиків зовнішніх панелей. Досвід використання полістиролбетону в зовнішніх конструкціях, що захищають, дозволяє охарактеризувати полістиролбетон як один з кращих теплоізоляційно-конструкційних матеріалів. Серед його переваг можна відзначити низькі транспортні витрати і можливість приготування розчину безпосередньо на майданчику будівництва. При їх виробництві може бути застосований метод об'ємного вібропресування, що дозволяє прискорити і спростити процес виробництва. Однак цей будівельний матеріал має радий недоліків: високу вартість гранул полістиролбетону, складність виробничого процесу, необхідність витримки передспіненних полістирольних гранул перед їх використанням.

Порівняно з пінобетоном та газосилікатом полістиролбетон має ряд переваг:

- Швидше схоплюється і твердне, не дає усадки, що скорочує терміни розпалубки;
- в середньому полістиролбетон на 20% міцніший, а також добре працює на розтяг і вигин;
- його теплопровідність вдвічі нижча, крім того, при експлуатації вміст вологи в полістиролбетоні буде в п'ять разів нижче;
- морозостійкість полістиролбетону марки Д500 на 50% вище, ніж у пінобетону та газосилікату тієї ж марки;

- стійкість до впливу розчинників, бензину, масел, слабких розчинів кислот і лугів.

Кладка полістиролбетонних блоків може виконуватися як за допомогою спеціального клею, так і розчину. Характеристики цього матеріалу дозволяють зводити будівлі з перекриттями з пустотних плит висотою до трьох поверхів. Пінополістиролбетонні блоки відповідають усім вимогам, що пред'являються до масивної однорядної та дворядної кладки, і при їх використанні собівартість кладки знижується приблизно в півтора рази.

Комірчастий бетон - різновид легкого бетону, отримана в результаті затвердіння суміші кремнеземистого компонента та води. В результаті спучування суміші утворюється пориста структура бетону з рівномірно розподіленими по всьому об'єму повітряними порами (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 - Блоки з пористого бетону

Залежно від способу виготовлення пористий бетон поділяється на газобетон та пінобетон. При однаковій щільності газобетон міцніший за пінобетон, проте собівартість виробництва пінобетону приблизно на 20-25 % нижче, ніж у газобетону. Крім того, пінобетон менш гігроскопічний, ніж газобетон. Оптимальним рішенням може бути поєднання пінобетонних і газобетонних блоків, наприклад: стіни будівлі, що несуть, виконати з більш міцних газобетонних блоків, а перегородки - з пінобетонних блоків.

Комірчасті бетони мають невелику вагу, є вогнестійкими матеріалами.

Кладка стін із блоків здійснюється на легких теплоізоляційних розчинах або спеціальних клеях. Найменш трудомісткими є одношарові стіни, які зводяться з пінобетонних блоків. Їх товщина повинна становити не менше 240 мм, а штукатурні шари виконуються з мінеральних гідрофобізованих розчинів, що мають високу паропроникність, оскільки застосування щільних паронепроникних штукатурок сприяє накопиченню вологи в стінах, появі грибка і плісняви.

З метою раціонального використання об'ємного простору будівлі зі скатним дахом та використання горища як житлового приміщення для огорожувальних конструкцій покриттів ефективними будуть армовані пінобетонні плити. Останні можуть виконувати роль суцільних несучих кроквяних систем або укладатися вздовж схилу даху з опорою на цегляні поперечні стіни - перегородки.

Переваги даного будівельного матеріалу: невелика об'ємна маса, мала теплопровідність, доступність сировини та простота технології виготовлення.

Недоліки пористого бетону: високе вологопоглинання матеріалу; міцність нижча, ніж у цегли та важкого бетону; чутливість до перепадів температури. Для укладання блоків необхідно використовувати спеціальний клей, а чи не цементний розчин. Слід також відзначити, що деформаційні процеси усадки, що тривало протікають, в кладці з пінобетону можуть викликати її розтріскування, особливо в області сполучення стін з віконними і дверними отворами.

Сорбційна вологість і повітропроникність пористого бетону в 5-10 разів більша, ніж у важкого бетону, тому зовнішня поверхня огорожувальної конструкції з пористого бетону повинна бути покрита щільнішими шарами розчину, керамічною плиткою, гідрофобними покриттями. Ці захисні покриття та шари оберігають бетон від зволоження атмосферною вологою, повинні мати міцне зчеплення з поверхнею бетону та морозостійкість не менше 35 циклів, а також достатню паропроникність. Також можна передбачити влаштування вентиляваного фасаду або

вентиляційного зазору між блоками та кладкою облицювальної цегли. У регіонах з вологим кліматом зовнішні стіни рекомендується виконувати щільними, що складаються з внутрішнього шару, що несе, з пінобетонних блоків, повітряного прошарку товщиною 40-150 мм і лицьового захисного шару товщиною 120 мм у вигляді цегляної кладки. Зведення зовнішніх і внутрішніх стін підвалів з пінобетону стін допускається тільки при гідроізоляції фундаменту і при рівні ґрунтових вод нижче підшви фундаментів.

Піскоцементні стінові блоки для огорожувальних конструкцій виготовляються з різною порожнечою та показниками міцності (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 - Піскоцементний стіновий блок

Основу блоку складають легкі наповнювачі, які займають до 50% його обсягу. При виробництві піскоцементних стінових блоків може застосовуватися метод об'ємного вібропресування, що значно прискорює процес виробництва. Однак слід враховувати, що піскоцементний блок навіть при 75-відсотковій порожнечі є найважчим серед енергозберігаючих матеріалів, що використовуються при зведенні несучих стін.

Велику увагу слід приділити якості та щільності сполучення віконних отворів, дверей та конструкцій, що захищають. При оцінці теплопровідності теплоізоляційних матеріалів найчастіше не враховується інфільтрація холодного повітря через стіни, стики та нещільність віконних отворів. Холодне повітря викликає зниження температури конструкцій, що

огороджують, а проникаючи в приміщення, охолоджує повітря і викликає додаткові тепловтрати. Така фільтрація повітря через стики призводить до збільшення теплових втрат через огорожувальні конструкції майже вдвічі.

Іншим слабким місцем є сполучення вікон із зовнішніми стінами. У разі неякісного сполучення атмосферна вода тут може потрапляти в тіло елементів будівлі, що огороджують, знижуючи їх теплозахисні властивості і призводячи до руйнування будівельної конструкції. Погіршення теплозахисних властивостей конструкцій, що огороджують, в холодні місяці року веде до утворення конденсату, промерзання панелей і цвілі. В результаті термічний опір огорожувальних конструкцій у чотири-п'ять разів нижчий за нормативне значення, а витрати на опалення таких будівель значно збільшуються. Тепловізійний контроль якості будівельно-монтажних робіт (з використанням інфрачервоної зйомки) дозволяє запобігти втратам тепла внаслідок неякісного виконання «прихованих робіт», а також дає інформацію розробникам та виробникам конструкцій щодо вдосконалення будівельних конструкцій та інженерного обладнання.

3.3 Оптимізаційні рішення з підвищення енергоефективної спроможності систем огорожуючих конструкцій будівель

За деякими підрахунками грамотне комплексне утеплення конструкцій, що захищають, дозволяє скоротити витрати на опалення будівлі на 30-70 %. У даному розділі розглянуті різні варіанти утеплення конструкцій, що огорожують, і фундаментів будівель. При проектуванні нових та реконструкції існуючих будівель виділяються два способи утеплення - із зовнішньої та внутрішньої сторони. Вибір оптимального способу утеплення залежить від матеріалу конструкцій, відблиску фасаду та вимог замовника.

Оптимальним варіантом утеплення огорожувальної конструкції з

погляду вологообміну є утеплення із зовнішнього боку огорожі. У цьому випадку більшість огорожувальної конструкції матиме позитивну температуру. Крім того, система зовнішнього утеплення дозволить захистити конструкцію, що захищає від опадів, вітру, перепадів температур, водного конденсату. Утеплення стін може проводитися не тільки в процесі будівництва нової будівлі, але й при реконструкції існуючих будівель та споруд для підвищення теплозахисних характеристик стін.

При виборі системи теплоізоляції необхідно перевірити розрахунком, чи задовольняє конструкція норм захисту від накопичення та конденсації вологи всередині стіни. При проектуванні та будівництві багатошарових конструкцій, що захищають необхідно, щоб паропроникність кожного наступного шару конструкції стіни збільшувалася від приміщення до зовнішньої сторони стіни, що дозволить волозі виходити назовні. В іншому випадку в конструкції, що захищає, буде накопичуватися волога, утворюватися пліснява і грибок.

Найчастіше будівлі можуть мати горища, підвали, прибудовані гаражі та інші неопалювані приміщення. У зв'язку з цим термічні межі не завжди збігаються із зовнішніми поверхнями будівлі. Саме тому перед проектуванням і виконанням теплоізоляційних робіт слід визначитися, де проходить кордон між опалювальними та неопалюваними приміщеннями.

Утеплення заглиблених частин будівель та споруд дозволяє скоротити теплові втрати, захистити конструкцію фундаменту від промерзання, уникнути конденсації водяної пари та запобігти появі вогкості, а також розвитку плісняви. У разі закладання фундаментів вище глибини промерзання пучинистих ґрунтів або у разі, коли в процесі будівництва в зимовий період фундаментна плита не була утеплена, у ґрунтовій основі під її підшоною можуть виникати нормальні сили морозного пучення. Крім того, теплоізоляційний захист є важливим складовим елементом гідроізоляційної системи: оберігає від руйнування та температурного старіння гідроізоляційне покриття.

До матеріалів, які застосовуються для утеплення фундаменту зовні, висуваються такі вимоги:

- мале водопоглинання;
- Низька теплопровідність;
- Висока міцність при стисканні;
- стійкість до агресивних підземних вод;
- Несхильність до гниття і впливу гризунів.

Грамотне утеплення фундаменту будівлі дозволить не тільки скоротити тепловтрати, але й захистити фундамент від циклів замерзання-відтавання. Утеплення фундаменту зовні є найбільш раціональним та забезпечує низький рівень теплових втрат.

Утеплення ґрунту під вимощенням по периметру будинку дозволить зменшити глибину промерзання ґрунтів уздовж стін та під фундаментом, а також утримувати межу промерзання у шарі непучинистого ґрунту – піщаної або гравійної подушки, ґрунтах зворотного засипання. При цьому екструдований пінополістирол слід укладати із заданим ухилом відмостки $> 2\%$ від будівлі.

При утепленні вертикальної частини фундаменту утеплювач (наприклад, екструдований пінополістирол) встановлюють на глибину промерзання ґрунту, визначену для регіону будівництва. Товщина горизонтальної теплоізоляції повинна бути не меншою за товщину вертикальної теплоізоляції фундаменту. Ефективність утеплення при більш глибокій установці різко знижується. Товщина утеплення в кутових зонах (на відстані не менше 1,5-2,0 м від кута фундаменту в обидві сторони) повинна бути збільшена в 1,5 рази (рисунок 3.6).

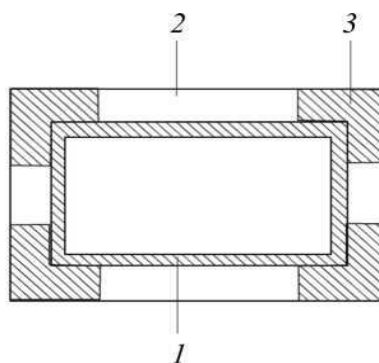


Рисунок 3.6 - Схема утеплення фундаменту: 1 – контур будівлі;
2 – утеплення по периметру будівлі; 3 - додаткове утеплення у кутових зонах фундаменту

Щоб запобігти проникненню дощових та талих вод у підземні частини будівлі, слід виконати планування поверхні ділянки під забудову, створюючи необхідний ухил для відведення поверхневих вод від будівлі. Уздовж зовнішніх стін будівлі влаштовують вимощення із щільних водонепроникних матеріалів (асфальт, асфальтобетон). Для захисту від проникнення ґрунтової вологи в конструкції будівлі при новому будівництві зазвичай виконується зовнішня ізоляція конструкцій з боку дії води. Для захисту існуючої забудови від проникнення ґрунтової вологи застосовується внутрішня гідроізоляція у підвальних приміщеннях.

Улаштування гідроізоляції підвалів, як правило, визначається характером впливу води, особливістю дренажних конструкцій і матеріалів, а також функціональними вимогами до підвальних приміщень з експлуатації та допустимої вологості. Існують різні методи гідроізоляції зовнішньої поверхні стін:

- основні - обклеювальні, фарбувальні, обмазувальні, штукатурні, листові (кесонні) та глиняні;
- спеціальні - ін'єкційні, проникні (пенетраційні), геомембранні, просочувальні, шовні, підводні, ліквідації активних теч та ін.

Для захисту стін від капілярної вогкості влаштовують горизонтальну і вертикальну гідроізоляцію (рисунок 3.7).

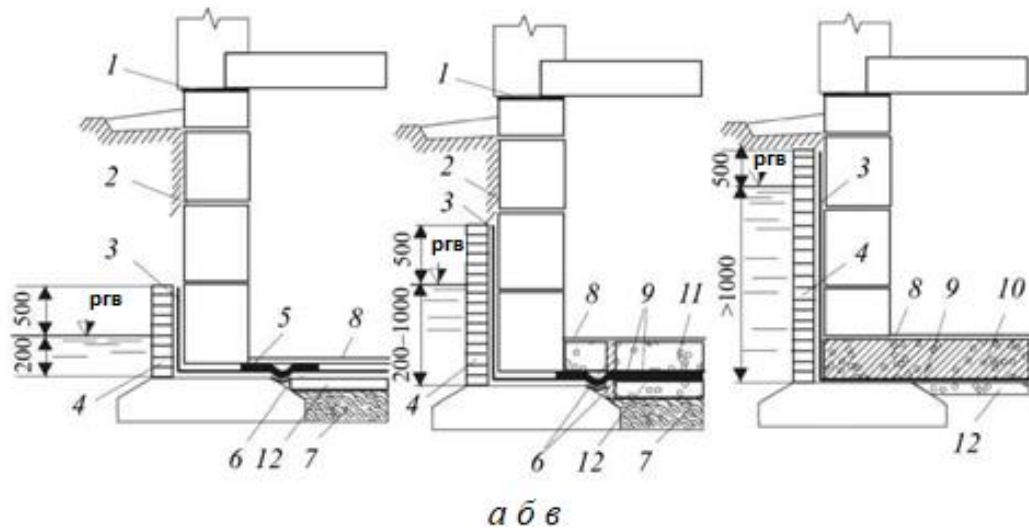


Рисунок 3.7 – Приклади гідроізоляції фундаменту: а – при натиску ґрунтових вод менше 200 мм; б – при натиску 200-1000 мм; в - при натиску понад 1000 мм; 1 – рулонна гідроізоляція; 2 - фарбувальна гідроізоляція (промазування гарячим бітумом за два рази); 3 - обклеювальна гідроізоляція; 4 - захисна стінка із глиняної цегли-сирцю; 5 – склотканина; 6 – деформаційний шов; 7 – глина; 8 - підлога підвалу; 9 – стяжка; 10 – залізобетонна плита; 11 - привантажувальний шар із бетону; 12 - підготовка

За методом пристрою розрізняють гідроізоляцію: фарбувальну, штукатурну (цементну або асфальтну), литу асфальтну, обклеювальну (з рулонних матеріалів) та оболонкову (з металу).

Горизонтальну гідроізоляцію за відсутності підвалів необхідно укладати в рівні бетонної підготовки підлоги першого поверху, на 15-20 см вище за рівень вимощення. За наявності підвалу гідроізоляцію влаштовують також під підлогою підвалу. Горизонтальна гідроізоляція найчастіше є два шари руберойду або толю на мастиці, шар асфальтобетону товщиною 10-12 мм або шар цементного розчину товщиною 20-30 мм.

Вертикальну гідроізоляцію влаштовують для захисту стін підвалу. Тип гідроізоляції залежить від ступеня вологості ґрунту. У разі маловологих ґрунтів можна обмежитися дворазовою обмазкою гарячим бітумом. У разі зволжених ґрунтів виконують шар цементно-вапняної штукатурки, після

просушування якої роблять обмазку бітумом за два рази або обклеювання рулонними матеріалами. При цьому слід приділити особливу увагу забезпеченню спільної роботи з усіх видів гідроізоляції.

Приклад влаштування теплоізоляції та гідроізоляції фундаменту наведено на рисунок 3.8.

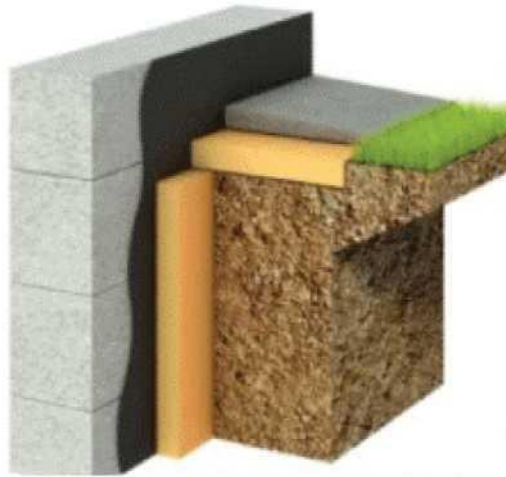


Рисунок 3.8 - Теплоізоляція та гідроізоляція фундаменту

У будівництві монолітних будівель широкого поширення набули технології із застосуванням незнімної опалубки. Як незнімна опалубка може використовуватися екструдований пінополістирол. При застосуванні даної технології екструдований пінополістирол виконує дві основні функції: є формою для незнімної опалубки при зведенні монолітної будівлі, а потім є утеплювачем конструкцій, що захищають цю будівлю.

Утеплення фундаменту зсередини допускається за неможливості утеплення фундаменту зовні. Необхідність теплоізоляції зсередини виникає при облаштуванні неутеплених підвальних приміщень, а також промерзанні зовнішніх стін і кутів панельних будинків, лоджій. Додаткове утеплення може здійснюватись у ванних кімнатах. Розрахунки конструкції стіни з утепленням зсередини екструдованим пінополістиролом на накопичення вологи свідчать про те, що така конструкція допустима.

Перевагами цього виду утеплення є:

- відсутність обмежень щодо зовнішніх погодних умов;

- Відсутність складних технологічних процесів;
- Відсутність великої кількості комплектуючих матеріалів;
- приміщення із внутрішньою теплоізоляцією прогрівається швидше, ніж із зовнішньою теплоізоляцією.

Основними недоліками цього виду утеплення є:

- ймовірність виникнення шкоди внаслідок вологості та морозу при такому вигляді теплоізоляції набагато вища порівняно із зовнішньою теплоізоляцією;

- Утеплення зсередини призводить до скорочення корисної площі приміщень. При цьому обов'язковою є перевірка стін конструкції, що ізолюється, на можливість накопичення в ній конденсаційної вологи;

- при внутрішньому утепленні фундаменти та зовнішня стіна будівлі виявляються в зоні низької температури, частково захоплюючої та утеплювач, що призводить до зниження теплової інерції огорожувальної конструкції та втрати стінами своїх теплоакумулюючих властивостей. Це значно погіршує клімат у приміщеннях будівлі, що утеплюють таким чином.

Для захисту фундаменту від морозного пучення необхідно провести його утеплення по периметру всієї будівлі. Для цього роблять виїмку на глибину 700 мм нижче за підшву ганку або сходи. На дні виїмки влаштовують піщану подушку товщиною не менше 400 мм з непучинистого ґрунту. На ущільнену піщану основу укладають плити екструдованого пінополістиролу необхідної товщини. Поверх утеплювача насипають шар піску не менше 50 мм, на який встановлюється сходовий марш або ганок. Для захисту основи ганку від промерзання утеплювач повинен виступати за межі ганку не менше ніж на 1,2 м.

На під'їзді до гаража внаслідок морозного пучення ґрунтів також можуть виявитися деформації основи. Такий майданчик перед гаражем постійно очищається від снігу, а отже, ґрунт основи під ним промерзає на велику глибину. Запобігти деформації осно-вання можна шляхом влаштування теплоізоляції під майданчиком або дорогою, що веде до гаража.

Для цього під майданчиком викопують невеликий котлован глибиною близько 0,4 м. Його ширина з кожного боку повинна бути мінімум на 1,2 м більша за ширину дороги.

На дні котловану влаштовують піщану подушку завтовшки щонайменше 100-200 мм, яку укладають плити з екструдованого пінополістиролу необхідної товщини. Далі утеплювач засипають додатковим шаром піску товщиною 200 мм, яким укладають покриття з плит або асфальту. Утеплювач, розташований за межами експлуатованого покриття, засипається шаром піску (близько 20-30 мм), після чого виїмка заповнюється ґрунтом та вирівнюється.

Аналогічним чином можна утеплити майданчики перед будинком та пішохідні доріжки, вкриті плиткою. При цьому виїмка під утеплювач має бути з кожного боку майданчика або доріжки на 1,2 м ширше.

Трубопроводи можна утеплити, розташувавши теплоізоляційні плити зверху та з боків (рисунок 3.9).

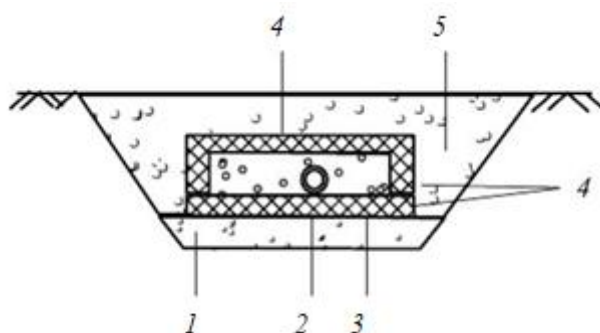


Рисунок 3.9 - Теплоізоляція трубопроводу: 1 - піщане або гравійне підсищення товщиною 100 мм; 2 - ізольовані труби; 3 - піщано-гравійна суміш завтовшки 100 мм; 4 - екструдований пінополістирол; 5 - засипка піском, гравієм або ґрунтом

Особливу увагу слід приділити утепленню цоколя будівлі – перехідної конструкції від фундаменту до зовнішніх стін будівлі. Найчастіше цоколь є стіною, що захищає приміщення підпілля, і бере участь у формуванні температурно-вологісного режиму підпольного простору та всього будинку.

Цоколь будівлі знаходиться в несприятливих умовах ґрунтової вологи, роси, атмосферних опадів, багаторазових циклів заморожування та відтавання, тому його необхідно виконувати із міцних водостійких та морозостійких будівельних матеріалів. Для облицювання цоколя застосовують кам'яні плити, керамічну плитку або штукатурний розчин на цементній основі, а як утеплювач за наявності опалювального підвалу найчастіше використовують екструдований пінополістирол. До теплозахисту цоколя висувають ті ж вимоги, що і до зовнішніх стін.

По відношенню до зовнішньої площини стіни цоколь може бути западаючим (рис. 3.10), виступаючим (рис. 3.11) або перебувати в одній площині зі стіною.



Рисунок 3.10 - Приклад цоколя, що западає.



Рисунок 3.11 - Приклад цоколя, що виступає

Пристрій цоколя, що западає, має ряд переваг, оскільки така конструкція цоколя має меншу товщину, захищена від впливу води, що стікає зі стіни. Однак пристрій такого цоколя не завжди можливий. У ряді

випадків доцільно виконати цоколь в одній площині зі стіною, при цьому влаштувавши по верху цоколя поясок для захисту гідроізоляційного шару.

Для будівель, що цілий рік експлуатуються, зсередини цокольного огороження необхідно влаштовувати теплоізолюючу відсипку, мінераловатну або плитну прокладку. У підлогах обов'язкове встановлення вентиляційних решіток, інакше в приміщеннях підпілля буде затхле повітря. При утепленні цоколя теплоізоляційний матеріал зазвичай розташовується із зовнішнього боку (рисунок 3.12).

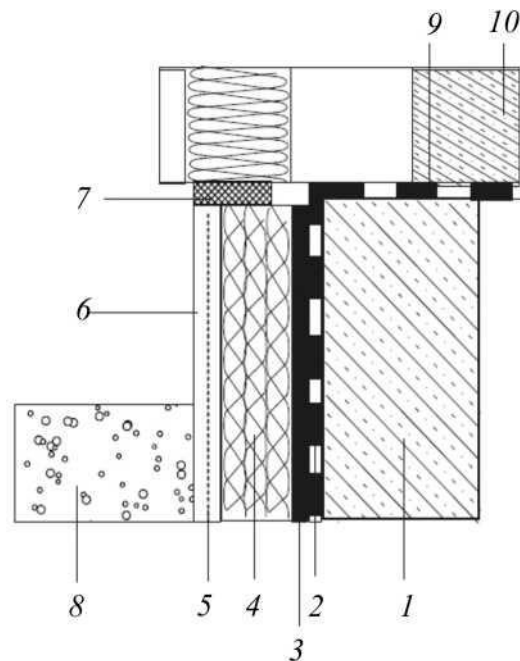


Рисунок 3.12 - Приклад утеплення цоколя будівлі: 1 – фундамент;
2 – вертикальна гідроізоляція підвалу; 3 - клеюча мастика;
4 - екструдований пінополістирол; 5 - армуюча сітка;
6 – зовнішній штукатурний шар; 7 - стрічка, що ущільнює;
8 - дренажний шар (жвір); 9 – горизонтальна гідроізоляція; 10 - плита цокольного перекриття

Для монтажу пінополістиролових плит слід використовувати клеї та мастики, що не містять компонентів, що розчиняють полістирол. Гарячі бітумні мастики також непридатні для кріплення цього матеріалу. Встановлені плити екструдованого пінополістиролу із зовнішнього боку

повинні бути захищені від руйнівної дії навколишнього середовища (сонячного проміння) шаром штукатурки по сітці. Можна використовувати тонкі сітки зі скловолокна або металеві сітки. Зовнішній штукатурний шар не повинен контактувати з вологим ґрунтом. Для цього видаляють ґрунт, прилеглий до цоколя; штукатурку, що знаходиться нижче рівня землі, захищають від вологи бітумною мастикою, а виїмку, що утворилася, засипають гравієм (рисунок 3.13).

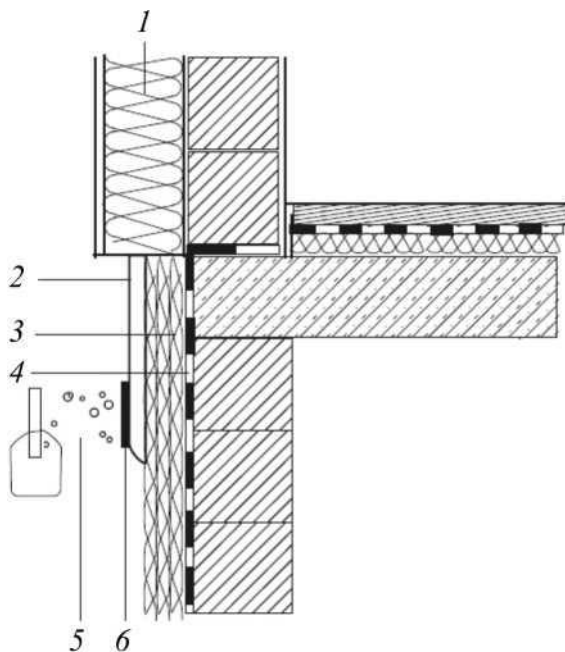


Рисунок 3.13 - Приклад захисту утеплювача цоколя від впливу довкілля: 1 – система зовнішнього утеплення стіни; 2 – цокольна штукатурка; 3 - екструдований пінополістирол; 4 – гідроізоляція фундаменту; 5 - гравій; 6 - гідроізоляція бітумною мастикою

У тому випадку, коли в будівлі передбачається влаштування теплої підлоги, замість цоколя можна влаштувати забірку. При будівництві будівель на фундаментах стовпчастих цокольну частину між стовпами заповнюють конструкціями, що виконуються з атмосферостійких матеріалів і званими забірками (рисунок 3.14).

Мінімальна товщина стінки забирання приймається:

- для бутової кладки – 200 мм;

- для цегляної кладки – 120 мм;
- для армованого бетону – 100-120 мм.

Забірка заглиблюється у ґрунт на глибину 200-300 мм. Якщо ґрунт пучинистий, то під забиранням слід влаштувати піщану подушку товщиною 150-200 мм. Ширина піщаної подушки, що влаштовується, повинна на 200 мм перевищувати ширину забірки.

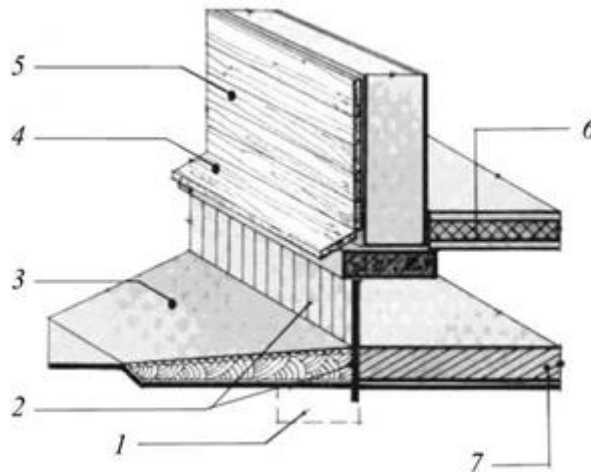


Рисунок 3.14 - Приклад конструкції фундаменту із забиранням:

- 1 – фундаментний стовп; 2 – забірка; 3 - вимощення; 4 – зливна дошка;
5 – обшивка стіни; 6 - тепла підлога; 7 - ґрунт ущільнений

Фундаментний стовп виводять вище від планувальної позначки землі на 45-60 см. По верху фундаменту ставлять монолітну перемичку, і з зовнішнього боку кріплять плоский або хвилястий азбестоцементний лист (забірку). Для підвищення водостійкості азбестоцементні листи можна обробити масляною фарбою для зовнішніх робіт, попередньо промазавши їх гарячою оліфою. У забірці повинні бути передбачені 2-3 вентиляційні отвори (розміром 150x150 мм) з кожного боку будівлі на відстані 150 мм від вимощення. Такі отвори мають одне навпроти іншого. На зиму отвори закривають пробками, а влітку продухи відкривають.

Найчастіше фундаменти поєднують зі стінами підвалів. У цьому випадку їх надійна експлуатація може бути забезпечена лише за наявності теплоізоляції зовнішніх конструкцій, що стикаються з ґрунтом.

3.4 Удосконалення опору теплопередачі типових огорожувачих конструкцій

Енергоефективність зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель може забезпечуватися за рахунок використання фасадних систем, що включають мінеральні теплоізоляційні матеріали. Як вже було сказано раніше, різні теплоізоляційні матеріали мають різну паропроникність і можуть перешкоджати волого-перенесення через огорожувальну конструкцію.

До найбільш відомих і поширених будівельних стінових систем відносяться:

1) вентилявані конструкції утеплення зовнішніх стін (вентилювані фасади) - рисунок 3.15

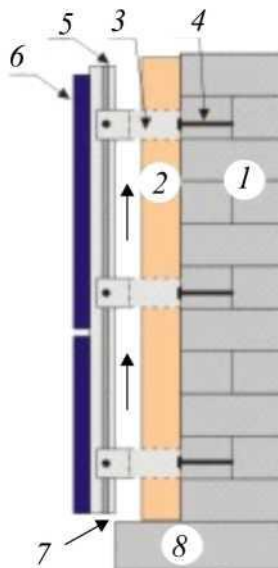


Рисунок 3.15 - Схема вентиляваного фасаду: 1 – стіна;

2 – утеплювач; 3 – кронштейн; 4 – анкерний болт;

5 - профіль-основа; 6 – касети з композитної панелі;

7 – повітряний потік; 8 - цоколь

2) невентилювані конструкції утеплення зовнішніх стін з використанням мінераловатних та полістирольних плит з кріпленням їх безпосередньо на стіни або на каркас (рисунок 3.16);

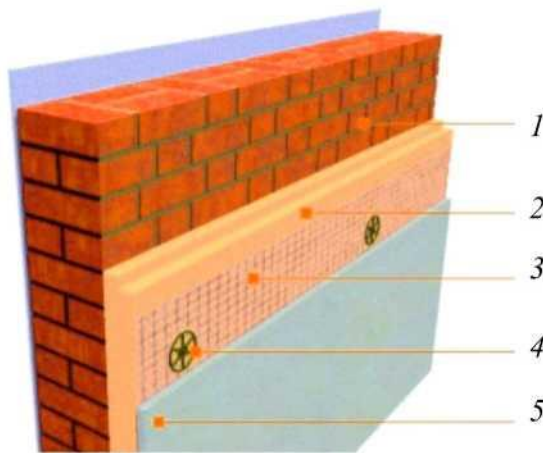


Рисунок 3.16 Схема невентильованого фасаду:

- 1 – стіна; 2 – утеплювач; 3 - армуюча сітка;
4 – кріпильний дюбель (грибок); 5 - фасадна штукатурка

Навісні вентилявані фасади застосовують у тих випадках, коли фасад будівлі або споруди піддається активному впливу навколишнього середовища (опади, вітер), а також коли необхідно наголосити на художньому оформленні фасаду. Така фасадна система складається:

- з металевої або дерев'яної конструкції, прикріпленої до стіни, що несе;
- шару утеплювача та вентиляваного повітряного прошарку (утилізатор повинен бути вогнестійким, паропроникним і жорстким);
- зовнішнього облицювання (вініловий, дерев'яний та металевий сайдинг, ПВХ-панелі, блокхаус, керамограніт, фіброцементні плити та алюмінієві композитні панелі).

Завдяки такій будові фасаду та наявності повітряного прошарку та отворів для вентиляції дифузійна волога видаляється назовні та не накопичується в утеплювачі. Таким чином, утеплювач зберігає свої теплоізоляційні властивості.

Як утеплювач у цих фасадних системах широко застосовується кам'яна вата щільністю 45-90 кг/м³.

Така система фасаду складніша і дорожча за систему штукатурного фасаду, проте вона дозволяє виконувати найрізноманітніше архітектурно-

художнє оформлення фасаду.

Широко поширеним варіантом навісного фасаду, що вентилюється, є дерев'яний каркас, на якому закріплений вініловий сайдинг (рисунок 3.17).

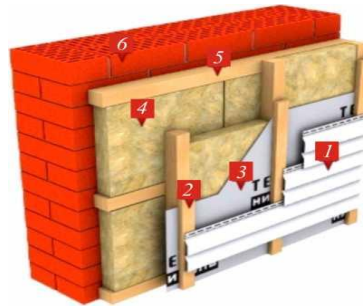


Рисунок 3.17 - Приклад конструкції навісного вентиляваного фасаду:

- 1 – вініловий сайдинг; 2 – контррейка товщиною 3-5 см;
- 3 – дифузійна мембрана; 4 – утеплювач (кам'яна вата);
- 5 – дерев'яний каркас; 6 - несуча стіна

Дерев'яний каркас необхідний для надійної фіксації плит мінеральної вати зовні стіни, що несе. Для захисту мінеральної вати від атмосферної вологи плити покриваються вітрозахисною плівкою. Плівка кріпиться контррейками, на яких монтується вініловий сайдинг. Для вентиляції та видалення зайвої дифузної вологи у нижніх кромках панелей сайдингу знаходяться спеціальні отвори.

Пример устройства невентилируемого фасада приведен на рисунку 3.18

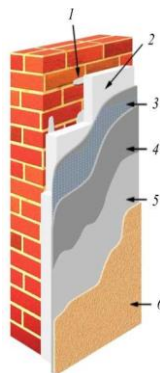


Рисунок 3.18 - Конструкція невентильованого фасаду:

- 1 – клей; 2 - пінополістирол; 3 - армуюча сітка;
- 4 - армований скловолокном клейовий шар;
- 5 - ґрунтовка під штукатурку; 6 - штукатурка

Як уже говорилося раніше, утеплення таких фасадів доцільно виконувати зовні несучої стіни, що дозволить надійно утеплити стіну, запобігти утворенню «містків холоду», скоротити товщину огорожувальної конструкції, знизити навантаження на несучі конструкції та фундамент.

Застосування шаруватої кладки (рисунок 3.19), що складається з несучої стіни, утеплювача та облицювального матеріалу (утеплювач розміщується в центральній частині конструкції, що захищає), має ряд переваг:

- респектабельний вид фасаду у разі використання дорогостоящих облицювальних матеріалів;
- довговічність, але за умови кваліфікованого проектування та монтажу конструкції.

Недоліки шаруватої кладки:

- велика трудомісткість зведення;
- мала повітропроникність та можливість конденсації вологи між шарами такої огорожувальної конструкції.

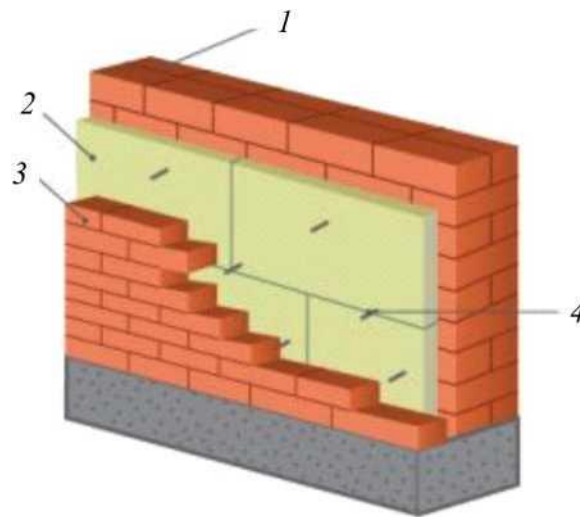


Рисунок 3.19 - Конструкція шаруватої кладки:

- 1 – внутрішня частина стіни; 2 – шар утеплювача (кам'яна вата);
- 3 – зовнішня частина цегляної стіни; 4 - зв'язки

Шарова кладка може виконуватися з пристроєм повітряного зазору для видалення вологи з стіни, що несе, і без повітряного зазору. Утеплення такої

конструкції мінеральною ватою (наприклад, напівжорстким мінераловатним плитним утеплювачем) є найбільш оптимальним варіантом, в цьому випадку необхідно потроїти зазор між шаром утеплювача і зовнішньою стіною (рисунок 3.20).

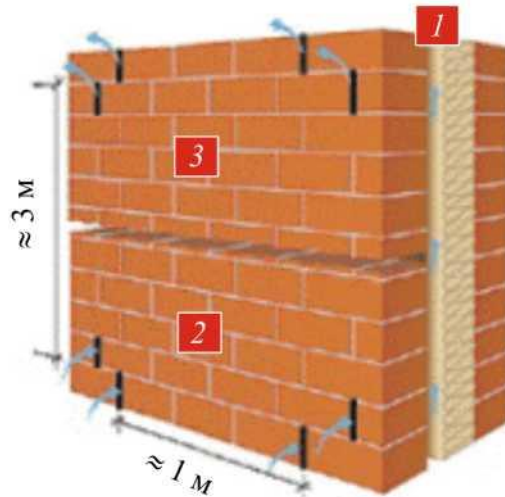


Рисунок 3.20 - Схема пристрою шаруватої кладки із зазором:

- 1 - повітряний зазор між шаром утеплювача та зовнішньої стіни; 2 – нижня частина будівлі; 3 – верхня частина будівлі

У разі влаштування огорожувальної конструкції з шаруватої кладки з повітряним зазором для вентиляції та видалення пароподібної вологи влаштовуються отвори (продухи) у нижній та верхній частинах стіни. Верхні вентиляційні продухи розташовуються у карнизів, нижні - у цоколя. Для здійснення вентиляції в нижній частині стіни встановлюються щілинні цеглини, покладені на ребро на деякій відстані один від одного, а зазор, що утворився, не заповнюється розчином кладки.

Внутрішня і зовнішня частини тришарової цегляної стіни зв'язуються між собою зв'язками (спеціальними закладними деталями). Зв'язки, як правило, виконуються зі склопластику, базальтопластику або сталевій арматури діаметром 4,5-6 мм. Використання сталевих зв'язків менш переважно, оскільки сталь має більшу теплопровідність.

Одночасно ці зв'язки виконують функцію кріплення плит утеплювача

(утеплювач наколюють на них). Їх встановлюють у процесі кладки в стіну, що несе. Для забезпечення вентилязованого зазору по всій площі утеплювача на стрижні кріпляться шайби, що фіксують.

Плити утеплювача встановлюють з перев'язкою швів впритул один до одного, щоб між окремими плитами не було щілин. На кутах будівлі влаштовують зубчасте зачеплення плит, щоб запобігти можливості утворення містків холоду.

Якщо утеплення стін виконується зсередини, необхідно вирівняти поверхню стіни штукатурними складами. Далі до стіни на клей кріпляться утеплювач (аналогічно зовнішньої теплоізоляції). Пристрій утеплення з боку приміщення, як правило, здійснюється шляхом приклеювання екструдованого пінополістиролу до поверхні стіни за допомогою складів, що не містять розчинників, або закріплення плит утеплювача механічним способом з наступним пристроєм оздоблювального шару (рисунок 3.21).

При даному виді утеплення найбільш важлива зона на межі стіни та утеплювача, де температура трохи вища за зовнішню температуру і значно нижча від точки роси. На стику утеплювача і холодної стіни відбувається конденсація вологи, що призводить до прогресуючого відсировування стін і розвитку цвілі, а значить, до погіршення санітарно-гігієнічних показників приміщення.

Щоб знизити ймовірність випадання конденсату і розвитку плісняви, утеплення зсередини рекомендується виконувати теплоізоляційними матеріалами з низькою паропроникністю (наприклад, екструдований пінополістирол, піноскло), що не допускають проникнення водяної пари в зону конденсації на стику утеплювача і холодної. З боку приміщення також необхідно влаштовувати пароізоляційний шар із плівки або полімерної штукатурки, плитки або виконувати фарбування паронепроникними фарбами. Важливо проклеїти нахльости плівок між собою і місце примикання плівки до конструкцій, що захищають.

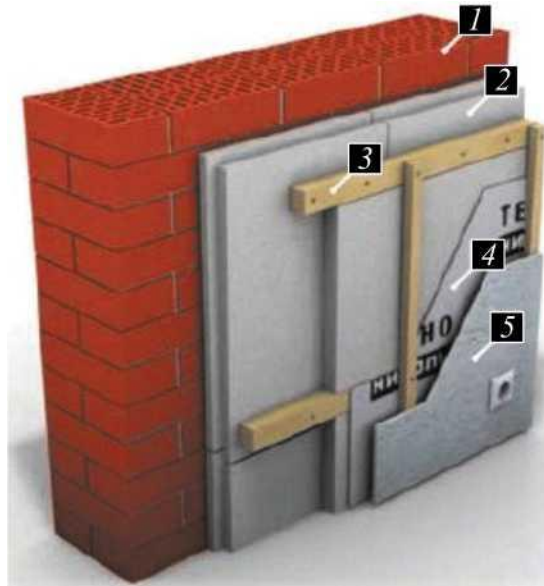


Рисунок 3.21 - Схема утеплення стіни зсередини: 1 – несуча стіна;
2 – утеплювач; 3 – притискні рейки з дерева; 4 – пароізоляційна плівка;
5 - внутрішнє оздоблення приміщення

У ванній кімнаті поверхня плит оштукатурюється по сітці цементно-піщаними складами. На підготовлену поверхню наклеюється керамічна плитка.

Система утеплення фасадів Saratect – це багат шарова система теплоізоляції фасаду, яку можна віднести до різновиду «легкого» способу утеплення зовнішніх стін будівель. Як теплоізоляційний шар у системі утеплення фасадів Saratect використовуються плити з мінеральної вати або плити з пінополістиролу. Фасадним шаром системи утеплення такого фасаду є тонкошарова фактурна штукатурка, яка дає широкий вибір для оформлення зовнішнього вигляду фасаду після утеплення.

Переваги системи утеплення фасаду Saratect:

- надійний теплозахист будівлі та стабільна температура внутрішньої поверхні стіни;
- ефективна звукоізоляція;
- зменшення товщини зовнішніх стін будівлі, що будується;
- Створення суцільного покриття, що дає можливість якісно нового оформлення фасадів будівель (особливо панельних).

Будівельна система "Термокаркас". Будівництво каркасних будинків із використанням термокаркасних будівельних панелей є однією з перспективних технологій малоповерхового будівництва. Термокаркасна будівельна панель являє собою конструкцію з металодерев'яного каркасу з пінополістирольним заповненням, торці якої обрамлені тонколистовим оцинкованим профілем (швеллером або куточком). Термокаркасна панель виконує несучу, огорожувальну та теплозахисну функції. Відкритий каркас панелей дозволяє застосовувати будь-які облицювальні матеріали для внутрішнього та зовнішнього оздоблення будівлі.

Термокаркасні панелі монтуються відкритим каркасом без облицювання на відміну від сендвіч-панелей, що дозволяє виконувати роботи з інженерного благоустрою та чистового оздоблення безпосередньо під дахом готової будівлі. Позитивні якості термокаркасних панелей: доступна вартість, простота пристрою, теплоізолюючі властивості, екологічність, використання засобів малої механізації.

Технологія клеєних дерев'яних конструкцій (HAUS-KONZEPT) застосовується при будівництві панельно-каркасних будинків та будівництві панельно-каркасних дерев'яних будинків з елементів повної заводської готовності з використанням клеєних дерев'яних конструкцій заводу. Виготовлення панелей у заводських умовах гарантує високу якість дерев'яного будинку. Така багатошарова панель виконується на основі дерев'яного рамного каркаса із клеєного бруса, обшитого із зовнішньої та внутрішньої сторін плитами. Внутрішній простір панелі заповнює базальтовий утеплювач, який забезпечує необхідний теплозахист, а пароізоляційна мембрана захищає конструкцію будинку та утеплювач від вологи. Сучасні екологічно чисті матеріали та суха клеєна деревина дозволяють панельно-каркасним будинкам змагатися з кам'яними за такими важливими параметрами, як якість, швидкість будівництва, економічність в експлуатації та комфортність проживання.

Технологія будівництва з використанням SIP-панелей (Structural

Insulated Panel) широко застосовується в країнах Північної Америки та Європи і відноситься до панельно-каркасного будівництва. Конструкційні теплоізоляційні SIP-панелі застосовують для зведення стін, перекриттів, кроквяної системи.

SIP-панелі виробляють у заводських умовах методом пресування і розкрояють відповідно до проекту на деталі майбутнього будинку. На будівельному майданчику відбувається тільки монтаж готових панелей. SIP-панелі з'єднуються за допомогою дерев'яного бруса та дошки вузлом "шип-паз", що дозволяє формувати жорсткий дерев'яний каркас. Таке з'єднання двох систем - дерев'яного каркаса і SIP-панелі - призводить до того, що будинки з SIP в кілька разів міцніше звичайних каркасних.

SIP-панель являє собою монолітну тришарову конструкцію, що складається з двох дерев'яних плит OSB-3, між якими під тиском вклеєний шар пінополістиролу. Найчастіше SIP-панелі з'єднують між собою за допомогою шпонок з OSB-3 або за допомогою сплайнів (термовставок).

Переваги даної технології: хороша теплоізоляція, мала вага панелей, відсутність усадки, міцність, екологічність, невисока вартість, висока швидкість будівництва та простота складання, заводське виготовлення панелей.

Незнімна опалубка Velox (Австрія) виготовляється із щепоцементних плит, виготовлених методом пресування з мінералізованої деревної тріски (95 %) та цементу, з додаванням сульфату алюмінію (каталізатор) та рідкого скла (антисептик, сполучна). Переваги такої опалубки: екологічність, відмінна теплоізоляція і звукоізоляція, вогнестійкість, довговічність, паропроникність.

Будівельна система Velox, що застосовується для монолітного будівництва в незнімній опалубці з щепоцементних плит, запатентована в 1956 р. в Австрії і в даний час набула широкого поширення у світі. Повністю відповідає вимогам сучасних стандартів щодо енергоефективності та екологічної стійкості.

Переваги даної технології: зниження собівартості будівництва до 50%; скорочення термінів будівництва об'єктів до 2,5 разів; економія тепла під час експлуатації до 40 %; термін служби будинків понад сто років [2].

Несучі конструкції системи незнімної опалубки «Фортмайстер» (Італія) є суцільною монолітною залізобетонною просторовою структурою, що складається з перехресних поздовжніх і поперечних стін, ребристих монолітних перекриттів і обв'язувальних горизонтальних рам, що з'єднують стіни і перекриття [2]. Всі несучі та самонесучі елементи залізобетонної просторової структури зводять у незнімній опалубці зі спіненого жорсткого пінополістиролу. Елементи незнімної опалубки, виконані з твердого самозагасаючого пінополістиролу у формі пустотілих блоків, армовані і заповнені бетоном, являють собою універсальну систему для зведення стін будівель будь-якого типу висотою до 75 м. Змонтована порожня стіна заливається бетоном, що дозволяє в ході однієї технологічної монолітну бетонну стіну, обрамлену з внутрішньої та зовнішньої сторін пінополістиролом.

Після встановлення опалубних елементів стін і перекриттів у проектне положення та встановлення технологічного оснащення проводяться роботи з їх армування та подальшого бетонування. Для забезпечення міцності та жорсткості будівлі перпендикулярно напрямку основних несучих ребер перекриття (у поперечному напрямку) у системі незнімної опалубки передбачено пристрій проміжних (поперечних) балок жорсткості, що утворюють сітку з поздовжніх та поперечних ребер [2].

Після завершення робіт з бетонування стін, перекриттів та покриттів утворюється структура з перехресних залізобетонних конструкцій, яка у поєднанні зі сходовими клітинами, ліфтовими шахтами та іншими елементами жорсткості забезпечує просторову жорсткість усієї системи незнімної опалубки.

Для захисту зовнішньої поверхні опалубки зовнішніх стін використовують два способи. Перший спосіб передбачає застосування

цементно-піщаного штукатурного шару товщиною не менше 25 мм по одному ряду сталеві оцинкованої сітки і 40 мм по укосах віконних прорізів по двох рядах оцинкованих сіток. Другий спосіб обробки заснований на технологіях, що застосовуються у фасадних системах теплоізоляції з використанням плитного пінополістиролу. Цей спосіб обробки передбачає нанесення багат шарових декоративних та захисних штукатурних шарів товщиною 6-9 мм на попередньо наклеєну на пінополістирол лугостійку сітку. Ця технологія передбачає пристрій зовнішнього і внутрішнього обрамлення з негорючих мінераловатних плит шириною не менше 150 мм і товщиною, що дорівнює товщині пінополістиролу, по всьому периметру віконних і дверних прорізів, а також суцільних протипожежних розсічок по всьому периметру фасадів будівлі [2].

Технологія має ряд важливих відмінностей від традиційно застосовуваних у будівництві технологій:

- високі міцнісні, теплоізоляційні та звукоізоляційні характеристики;
- мінімальні терміни монтажу, цілорічний цикл будівництва, крім того, технологія не вимагає застосування важкої будівельної техніки;
- простота монтажу системи незнімної опалубки, яка запобігає можливості помилок та шлюбу в процесі зведення будинків;
- економічність будівель в експлуатації та мінімізація собівартості будівництва;
- пінополістирольна опалубка забезпечує відповідний для застигання температурний і вологий режим;
- завдяки легкості конструкції довжина стельового перекриття становить до 9 м, що дозволяє звести до мінімуму кількість внутрішніх несучих стін і уможлиблює практично будь-яке планування;
- низька щільність пінополістиролу запобігає усадці бло-ків на стадії монтажу та в процесі експлуатації;
- довговічність та стійкість до біологічного та хімічного руйнування.

Технологія PLASTBAU (Німеччина) дозволяє забезпечувати

різноманітні об'ємно-планувальні та конструктивні рішення будівель різної поверховості. Наявність внутрішнього арматурного каркаса в опалубці несучих стін і перегородок дозволяє знизити обсяг арматурних робіт на будівельному майданчику [2]. Переваги:

- технологія монтажу досить проста, не вимагає застосування спеціальних інструментів та підйомно-транспортних механізмів;

- зниження трудових витрат та витрати основних будівельних матеріалів (бетону – на 35-40 % та арматури – на 25-30 %), скорочення термінів будівництва в 1,5-2 рази;

- економія на розмірах фундаменту за рахунок малої ваги споруджуваних конструкцій;

- Можливість виконання бетонування при негативних температурах. Ця конструкція опалубки дозволяє створювати високоефективні залізобетонні ребристі перекриття прольотом до 9 м без додаткових опор;

- термін експлуатації будівель, зведених за технологією PLASTBAU, понад 100 років.

Технологія ABS-бетонування в незнімній опалубці із дрібноштучних теплоізолюючих елементів є взірцем нових енергозберігаючих технологій зведення стін. Дана технологія дозволяє зводити монолітні бетонні стіни одночасно з подвійною тепло-і звукоізоляцією з блоків-модулів, зібраних з пінополістирольних плит. Спеціальна конструкція замків дозволяє з'єднувати блоки та перешкоджає витіканню бетону (рисунок 3.22).



Рисунок 3.22 - Приклад бетонування в незнімній опалубці

Технологія армосистеми «СОТА» (США) є новою будівельною системою, основу якої складає незнімна опалубка з армованих універсальних стінових панелей із застосуванням модифікованого бетону. Сучасний підхід до будівництва передбачає використання тришарових панелей, в яких між зовнішнім і внутрішнім шарами бетону знаходиться теплоізоляційний матеріал (наприклад, пінополістирол, ROCKWOOL, PAROC та ін). Будівля, побудована з таких тришарових панелей за технологією торкретування, не має відкритих швів і «містків холоду». Однією з головних інновацій даної технології є використання легкого модифікованого водонепроникного суднобудівного бетону, що дозволяє застосувати тонкостінні конструкції з одночасним захистом їхньої несучої здатності. Модифікований суднобудівний бетон готується прямо на будівельному майданчику безпосередньо перед нанесенням на стіни, що дозволяє заощаджувати 20-25% на 1 м³.

Область застосування: незнімна опалубка «СОТА» призначена для влаштування фундаментів, стін та перекриттів для будівель та споруд різного призначення. Тришарові панелі незімної опалубки «СОТА» також можуть бути використані при реконструкції та утепленні фасадів будівель, при влаштуванні басейнів, лазень, саун та інших об'єктів з підвищеною вологістю. Невелика вага армованих панелей «СОТА» дозволяє виконувати надбудову поверхів над існуючими будинками без робіт з посилення фундаментів та стін, що дозволяє значно скоротити витрати коштів.

Застосування армованих панелей дозволяє знизити витрати основних будівельних матеріалів (бетону, арматури, ізоляційних матеріалів). Будівництво за цією технологією вдвічі дешевше, ніж за технологією будівництва в блок-оболонках за принципом незімної опалубки.

Ще один спосіб зведення монолітних будівель полягає в установці блоків незімної опалубки, виконаних з облицювальних плит та подальшому заповненні порожнин композиційною сумішшю. Такі блоки незімної опалубки виконують із облицювальних плит, які мають канавку по зовнішній

поверхні периметра. Дверні та віконні блоки встановлюють одночасно з облицювальними плитами, а їх кріплення здійснюють шляхом з'єднання облицювальних плит штампованими елементами. Композиційну суміш отримують шляхом спінювання розчину цементу, при цьому висота разової заливки суміші не перевищує 300 мм.

Будівельна технологія Durisol заснована на виробництві та застосуванні стінових блоків незнімної опалубки стандартної форми: довжиною 50 см, висотою 25 см та товщиною 15, 22, 25, 30 та 37,5 см залежно від функціонального призначення [2]. Функціональний спектр конфігурацій блоків (рядні, кутові, торцеві, універсальні) для влаштування перегородок, зовнішніх і внутрішніх стін з різною несучою здатністю дає можливість створювати різноманітні архітектурні форми та планування будівель та споруд.

Процес монтажу стін з будівельних блоків Durisol полягає в наступному: блоки встановлюються один на одного без будь-якого сполучного в чотири ряди, після чого порожнини в блоках заповнюють бетоном. Потім встановлюють такі чотири ряди. В результаті всередині дерев'яної стіни виходить монолітна бетонна решітка з потужними вертикальними стовпами, що несуть, і горизонтальними рядними перемичками.

Бетонна суміш для заливання внутрішніх порожнин у кладці з блоків Durisol виконує функцію статично міцного каркаса стіни, що не носить навантаження будівлі. Конструкція блоків з пінополістирольними вставками для зовнішніх стін перешкоджає виникненню містків холоду та гарантує теплоізоляцію. Стіна з блоків Durisol має невелику товщину, що збільшує корисну площу приміщень.

Утеплення покрівлі забезпечує зниження тепловтрат в опалювальний період та зниження перегріву підпокрівельних приміщень у теплий період року. Теплоізоляція скатних дахів дозволяє створити утеплену мансарду та збільшити площу приватного будинку до 40%.

У сучасній практиці, як правило, використовуються три схеми утеплення:

- 1) шар утеплювача укладається між кроквами;
- 2) шар утеплювача укладається між кроквами та в каркасі під кроквами;
- 3) шар утеплювача укладається між кроквами та в каркасі над кроквами.

Перший спосіб застосовується у разі, якщо товщина шару утеплювача, отримана в результаті теплотехнічного розрахунку, не перевищує товщину крокв.

Другий спосіб утеплення покрівлі застосовується, коли висока ймовірність несприятливих погодних умов та пріоритетною є максимально швидка установка покрівельного покриття для захисту будинку від опадів.

Третій спосіб використовується, якщо товщини крокв недостатньо для встановлення утеплювача необхідної товщини і необхідно максимально збільшити корисний об'єм мансарди.

Для утеплення скатних дахів використовуються негорючі плитні або рулонні матеріали з кам'яної та скляної вати. Велику увагу слід приділити тому, щоб утеплювач не давав усадку і не просідав під власною вагою. Цей ефект часто виникає при використанні скловолокнистої вати невеликої щільності.

Застосування в якості утеплювача покрівлі пінополістиролу та екструдованого пінополістиролу вимагає проведення протипожежних заходів, що включають антипіренову просочення дерев'яних конструкцій та влаштування вогнезахисних шарів.

Для захисту утеплювача та несучих конструкцій даху від проникнення атмосферної вологи та безпечного видалення зайвої вологи з-під покрівельного простору назовні необхідно передбачити гідроізоляцію даху. Крім того, тепле повітря переміщається з нижніх частин будівлі в мансарду і переносить із собою велику кількість вологи, яка, потрапивши в утеплювач,

може знизити теплозахисні властивості. Для захисту утеплювача та кроквяної конструкції від впливу вологи, що надходить із приміщення, застосовуються пароізоляційні плівки, а також влаштовуються вентиляційні зазори. Для складних конструкцій дахів, а також за наявності різних архітектурних елементів (аттиків, парпетів, мансардних вікон та ін) слід передбачати організацію додаткових вентиляційних отворів під звисом покрівлі (по всьому периметру) та в ковзані даху.

Традиційний плоский дах («м'яка» покрівля) захищений від впливу атмосферних опадів гідроізоляційним килимом на основі рулонних матеріалів, що містять бітум, (рисунок 3.23).

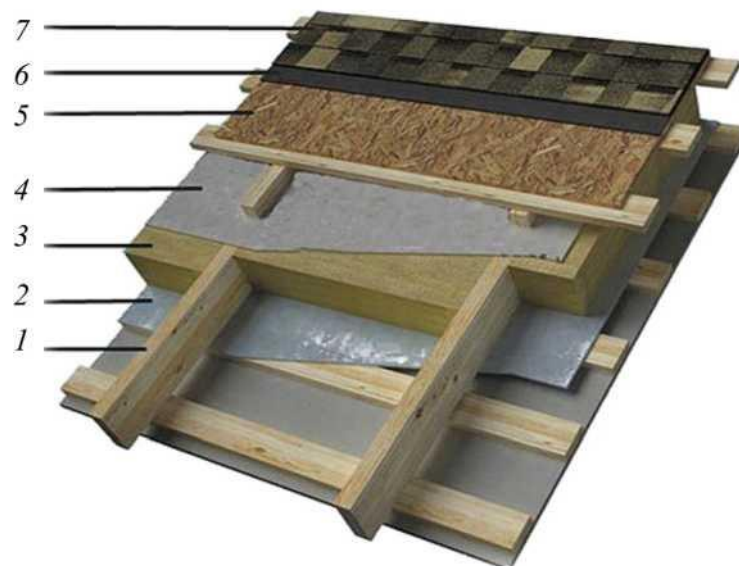


Рисунок 3.23 - Схема конструкції «м'якої» покрівлі:

1 - крокви; 2 – пароізоляційна плівка; 3 – утеплювач;

4 - гідроізоляційна плівка; 5 - плита OSB;

6 - підкладковий килим; 7 - гнучка черепиця

Інверсійна покрівля перевернута в порівнянні з традиційною покрівлею. Гідроізоляційний шар розташовується під шаром утеплювача безпосередньо на поверхні залізобетонного покриття (основа покрівлі), виконуючи одночасно роль пароізоляції (рисунок 3.24).

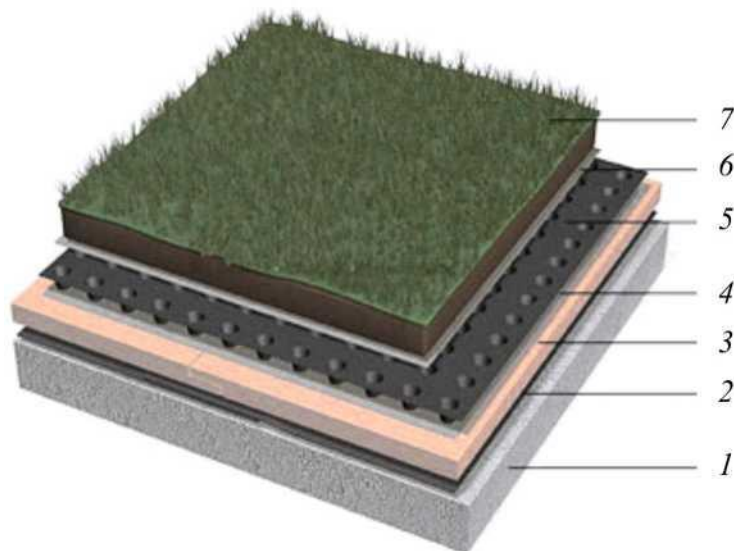


Рисунок 3.24 - Схема конструкції інверсійної покрівлі:

- 1 - бетонна основа; 2 - бітумно-полімерна покрівельна мембрана;
 3 – теплоізоляція; 4 – розділовий шар (геотекстиль); 5 - дренажна профільована мембрана; 6 - шар, що фільтрує (геотекстиль);
 7 - родючий шар із рослинами

Така конструкція покрівлі дозволяє захистити гідроізоляційний шар від впливу ультрафіолетових променів, різких перепадів температури, циклів заморожування-відтавання, механічних пошкоджень, а отже забезпечує збільшення терміну служби інверсійної покрівлі в порівнянні з традиційною «м'якою» покрівлею.

Схема конструкції інверсійної покрівлі:

- гідроізоляційний шар (прямо на підставі);
- теплоізоляційні плити (наприклад, матеріали з екструдованого полістиролу);
- геотекстильне покриття;
- дренажний шар;
- захисний верхній шар є необхідною умовою для протипожежної безпеки; - привантаження з гравію або гальки.

Переваги інверсійної покрівлі:

- можливість швидкого влаштування за будь-якої погоди;

- гідроізоляція у складі даної конструкції виконує функції пароізоляції, що знижує ризик внутрішньої конденсації вологи і зменшує кошторисну вартість конструкції;

- шар теплоізоляції та захисний шар гравію захищають гідроізоляційну мембрану від будь-яких механічних впливів при подальшій експлуатації;

- при демонтажі покрівельного перекриття плити теплоізоляційного матеріалу можна використовувати повторно;

- місця порушення гідроізоляції легко виявити та відновити. Недоліки інверсійної покрівлі: товщина шару пінополістиролу

- має бути на 5-20% більше, ніж у традиційній покрівлі.

Всі переваги технології будівництва інверсійної експлуатованої покрівлі повністю реалізуються при влаштуванні на ній зеленого даху

Гідроізоляційний шар зеленого даху з рулонних наплавлених матеріалів на покрівлях повинен бути захищений від впливу коренів рослин шляхом використання спеціального протикореневого матеріалу. Ухили покриття зеленого даху та отвори для стоку води необхідно влаштовувати таким чином, щоб повністю виключити скупчення води в дренажному шарі покрівлі, що експлуатується.

Найпростіший дренажний шар виконується із гравію, проте для рослин краще застосовувати матеріали, які здатні акумулювати в собі вологу, а потім поступово віддавати її рослинам.

У разі інверсійної покрівлі, що експлуатується, повинно бути передбачене захисне покриття з тротуарних плит.

Горищне перекриття - один з тих елементів огорожувальних конструкцій будівлі, заходи щодо теплоізоляції яких є простими та ефективними. Теплоізоляцію міжповерхових перекриттів верхніх поверхів та горищних перекриттів можна виконати шляхом укладання теплоізолюючих матів або теплоізолюючих плит завтовшки до 40 см. Утеплювач повинен усюди герметично прилягати до підлоги [2].

Горищні перекриття можуть бути виконані по залізобетонній збірній

або монолітній основі або дерев'яних балках. Укладання утеплювача по залізобетонній основі горіщного перекриття виконують між дерев'яними лагами каркаса.

Як утеплювач горіщного перекриття неопалювального даху зазвичай застосовуються теплоізоляційні матеріали, які не піддаються значним механічним навантаженням на стиск. Як утеплювач для горіщного перекриття добре підходять мінеральна вата (на основі кам'яного волокна або скловолкна) і пінополістирол щільністю 10-15 кг/м³.

Щоб не допустити в теплоізоляційному шарі перекриття конденсації вологи, що надходить з теплим повітрям із приміщення, під утеплювач укладають пароізоляційну плівку.

У балочних перекриттях пароізоляція виконує також функцію ізоляції проти інфільтрації небажаного повітря через щілини, тріщини та шви. Однак для цього необхідно ґрунтовно склеїти пароізоляційні плівки, що перекривають один одного.

При утепленні балкових перекриттів у існуючих будівлях часто неможливо встановити пароізоляцію під балками перекриття. У цьому випадку пароізоляцію слід розташовувати відразу під виконаним згодом теплоізоляційним шаром. У зв'язку з фізичними тепловими мостами, які утворюють балки, при влаштуванні даного варіанту пароізоляції необхідно встановити додатковий шар утеплювача над балками, щоб не допустити утворення конденсату в дереві балок або використовувати спеціальну пароізоляційну плівку зі змінною паропроникністю.

Утеплювач укладають по пароізоляції між балками чи лагами дерев'яного каркасу. Якщо товщина шару утеплення більша за висоту перерізу несучих елементів дерев'яного каркаса, то застосовують додаткові бруски, висота яких дорівнює необхідній товщині додаткового шару теплоізоляції. При цьому бруски прибивають до балок або лагам каркасу в перпендикулярному напрямку, що надає додатковій жорсткості та стійкості каркасу.

Для забезпечення хорошого теплозахисту плити утеплювача повинні укладатися безперервно для запобігання можливості утворення «містків холоду». З цією метою утеплення на горищних перекриттях зазвичай виконується у два шари, з перекриттям стиків плит утеплювача нижнього шару плитами верхнього шару.

Якщо між балками встановлюються тверді теплоізоляційні матеріали, наприклад плити пінополістиролу, крайні шви з балками слід зробити герметичними.

Найчастіше цегляна кладка фасадів або внутрішніх стін височіє над горищним перекриттям. У неопалюваних та провітрюваних горищних приміщеннях переважають зовнішні температури і такі неутеплені зсередини ділянки утворюють «містки холоду», які можуть призвести до конструктивних пошкоджень. Необхідний захист від конструктивних пошкоджень зазвичай забезпечується, якщо встановлюється шар вертикальної теплоізоляції на висоті близько 50 см.

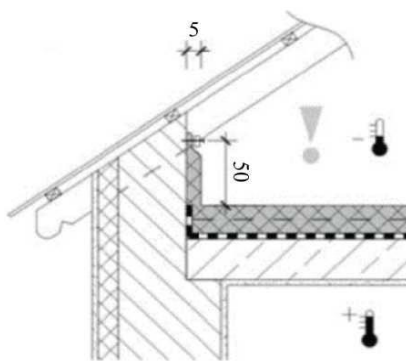


Рисунок 3.25 - Приклад пристрою вертикальної теплоізоляції

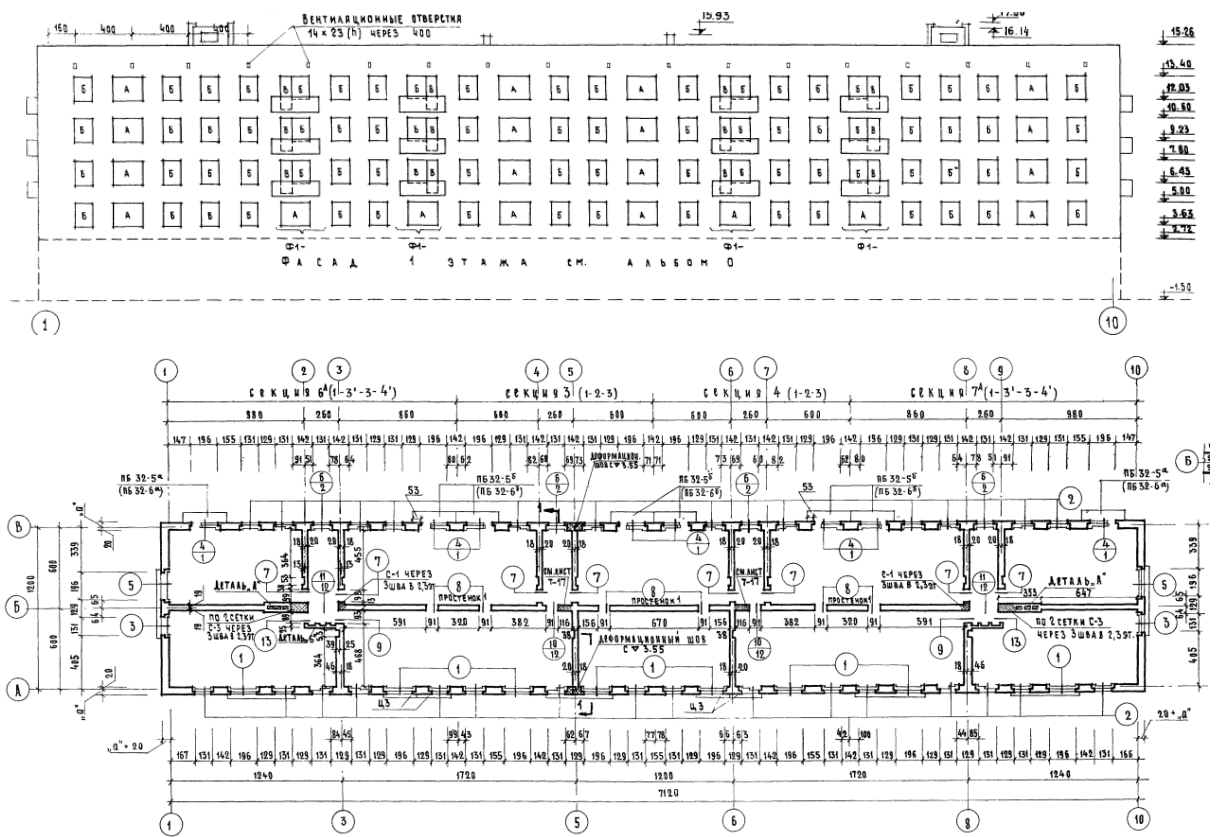
На неексплуатованих горищних перекриттях по утеплювачу укладається паропроникна вітрозахисна мембрана з ходовими доріжками для можливих покрівельних робіт. Така вітрозахисна мембрана допомагає знизити ризик утворення "містків холоду" по стиках утеплювача.

На експлуатованих горищних перекриттях по балках або лагах каркаса настиляють чорнову підлогу, яка буде основою під фінішне оздоблення.

Вентиляція горища забезпечується через слухові вікна, отвори на

фронтах, щілинні отвори в нижній частині карниза і на ковзані, площа яких, як правило, повинна бути не менше ніж 1/300-1/500 площі перекриття горища. Вентиляційні отвори розташовуються так, щоб провітрювання здійснювалося по всьому об'єму горища без утворення застійних зон.

3.5 Розрахунок мінімально необхідної товщини теплоізоляції для стін типового проекту 1-447С під систему вентиляваного фасаду



А. Стены сплошной кладки из эффективного и полнотелого кирпича. Таблица №5

ПЛОЩАДА СТЕН СМ.	КИРПИЧ С 13 ПУСТОТАМИ			КИРПИЧ С 19 ПУСТОТАМИ			КИРПИЧ С 76 ПУСТОТАМИ			КИРПИЧ ПОЛНОТЕЛОГО КРАСНЫЙ			КИРПИЧ ПОЛНОТЕЛОГО БЕЛЫЙ				
	ВЛАЖНОСТНЫЕ РАЙОНЫ																
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
51	-77°	-71°	-30°	-40°	-35°	-34°				-48°	-39°	-31°	-23°	-24°	-28°	-25°	-20°
55	-77°	-32°	-31°	-71°	-36°					-45°	-41°	-34°	-28°	-27°	-31°	-26°	-25°
64	-40°	-40°	-39°	-40°	и ниже	-43°	-40°	и ниже	-43°	-40°	и ниже	-42°	-34°	-33°	-36°	-34°	-28°
68	-40°	-40°	-40°	-40°	и ниже	-40°	-40°	и ниже	-40°	-40°	и ниже	-42°	-35°	-40°	-34°	-30°	-30°
64+4 ИЗОЛЯЦ. МА- ТЕРИАЛ С λ = 0,08	-40°	-40°	-40°	-40°	и ниже	-40°	-40°	и ниже	-40°	-40°	и ниже	-40°	-40°	-40°	-40°	-40°	-40°

Рисунок 3.26 – Типовой проект 1-447

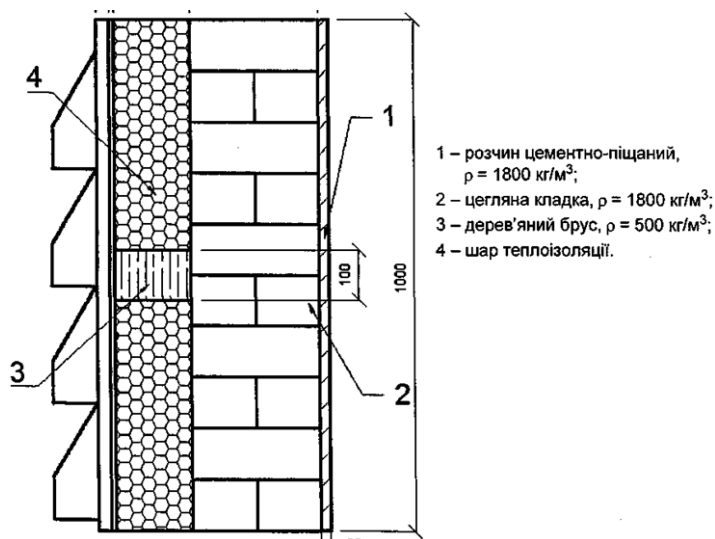


Рисунок 3.27 – Типова конструкція вентиляваного фасаду

Зовнішні стіни будинку виконані на основі цегляної кладки густиною 1800 кг/м^3 товщиною 510 мм з влаштуванням із зовнішньої сторони конструкцій з фасадною теплоізоляцією з індустріальним опорядженням та вентиляваним повітряним прошарком. Індустріальне опорядження кріпиться до несучої частини стіни через систему горизонтальних та вертикальних дерев'яних кріплень, що розташовані з кроком 1м. В якості теплоізоляції передбачається використовувати утеплювач VENTIROCK PLUS (WENTIROCK MAX) коефіцієнт теплопровідності в умовах експлуатації товщиною 150 мм, $\lambda = 0,0362 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, густиною 80 кг/м^3 . З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм. Висота зовнішніх стін від рівня вимощення до даху приймаємо – 15,26 м. Периметр будинку становить - 166,4 м. У зовнішніх стінах будинку наявні віконні та дверні прорізи з наступними геометричними характеристиками: вікна $2,11 \times 1,385$ – 24 од.; вікна $1,32 \times 1,385$ – 184 од.; дверний блок (балконий) $0,73 \times 2,19$ – 48 од.; двері до під'їздів $1 \times 2,19$ – 4 од.. Загальна площа віконних і дверних прорізів становить $493,56 \text{ м}^2$, загальна площа непрозорої частини зовнішніх стін - $2045,704 \text{ м}^2$.

Кліматичні умови м. Запоріжжя.

Визначемо мінімальну допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін у II-й температурній зоні експлуатації України (м. Запоріжжя) становить $R_{q\ min} = 2,8\ \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

Товщина теплоізоляційного шару приймаємо рівною 200 мм.

Визначемо опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою за ДСУТ Б В.2.6-189:2013

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i\ p}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (3.1)$$

де $\alpha_{\text{в}}$, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють $\alpha_{\text{в}} = 8,7\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_3 = 12\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін, м; $\lambda_{i\ p}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають з Додатком А, для умов експлуатації «А».

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,76} + \frac{0,51}{0,76} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{1}{12} = 4,926\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Визначемо характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

Для нашого прикладу приймаємо що всі вікна будівлі дерев'яні.

Присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорих огорожувальної конструкції:

- відкоси віконного прорізу в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- дерев'яні бруси для кріплення індустріального опорядження вентильованого фасаду – лінійні елементи.

Для вищезазначених теплопровідних включень за проектними даними

та даними Додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013 визначаємо кількісні показники та характеристики лінійних коефіцієнтів теплопередачі.

Таблиця 3.1 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, м	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k , Вт/(м·К)
Віконний відкос в зоні перемички	328,92	0,062
Віконний відкіс в зоні підвіконня	328,92	0,041
Віконний відкіс в зоні рядового примикання	803,76	0,053
Горизонтальний дерев'яний брус	2333,48	0,069

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k} = \quad (3.2)$$

$$= \frac{2\,539,264}{\frac{2045,704}{4,926} + 328,92 \cdot 0,062 + 328,92 \cdot 0,041 + 803,76 \cdot 0,053 + 0,069 \cdot 2333,48} = 3,89 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Встановлена величина задовільняє нормативним вимогам ДБН В.2.6-31.

Як бачимо, навіть збільшення теплопровідних включень каркасу горизонтального бруса у 1,5 рази не вплине суттєво на показник загального приведенного опору теплопередачі, а якщо звернути увагу, що зараз у більшості таких будників відсоток заміненних вікон з дерев'яних на склопластикові одно-двокамерні дорівнює мінімум 50%, то можна вважати що для нашого регіону достатнім є теплоізоляційний шар товщиною у 100 мм, $\geq 0,045$ Вт/м·К за діючими на цей момент нормативними документами для таких типів будівель.

ВИСНОВКИ

Виявлено що:

- приведений опір теплопередачі старих типових огорожуючих конструкцій у будівель побудованих у 60-х роках недостатній та не відповідає діючим нормам та стандартам;

- включення та різність показників теплопровідності залізобетону у стінових панелях з різними шарами матеріалів не суттєво впливає на загальний показник приведенного опору теплопередачі конструкцій;

- всі будинки, що були побудовані до 90-х років потребують термомодернізації огорожуючих конструкцій.

- аналіз та вплив нормативних документів, на проектні рішення 60-80х років потребує подальшого, більш глибокого аналізу та досліджень, для можливого виявлення вибору оптимального та дешевого варіанту модернізації огорожуючих конструкцій та виявлення оптимальних проектних рішень з реконструкції таких будівель:

Застосування герметичних віконних конструкцій дозволяє суттєво знизити тепловтрати за рахунок ліквідації надходження холодного повітря ззовні приміщення через нещільність у вікнах та збільшення опору теплопередачі через площі зашкленених отворів.

У розгляненому прикладі що наведений у третьому розділі, збільшення теплопровідних включень каркасу горизонтального бруса у 1,5 рази не суттєво вплине на показник загального приведенного опору теплопередачі.

На даний час у більшості будинків, що були розглянуті у роботі відсоток заміненних вікон з дерев'яних на склопластикові одно-двокамерні приблизно дорівнює 50%, звернувшись до розрахунків теплопередачі трансмісією, теплопередачі вікон, за ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 та мінімального опору теплопередачі $R_{q\ min} = 0,75 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, звернувшись до формули 3.2 можна зробити висновки, що для нашого регіону достатнім є

теплоізоляційний шар товщиною у 100 мм, $\leq 0,045$ Вт/м·К за діючими на цей момент нормативними документами для таких типів будівель, для розглянутого прикладу $0,0362$ Вт/м·К $\leq 0,045$ Вт/м·К.

Наведені вище припущення потребують подальших більш розгорнутих розрахунків та перевірок.

Дана робота може слугувати змістовними додатками для лекційних матеріалів для різних дисциплін, зокрема архітектура будівель та споруд та ін..

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фокин К. Ф. Нормативный документ: расчетные температуры наружного воздуха. Москва : Стандарттиз, 1946. 42 с.
2. Бадьин Г.М., Сычев С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий: учебник. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2013. 288 с.
3. Рей Д., Макмайкл Д. Тепловые насосы: учебник, пер. на рус. яз. Москва : Энергоиздат, 1982. 224 с.
4. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания: учебник. Москва : АВОК-ПРЕСС, 2003. 200 с.
5. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: справочник / под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. Москва : Энергоиздат, 1982. 512 с.
6. Чечеткин А.В., Занемонец Н.А. Теплотехника: учебник для хим.-технол. спец. вузов. Москва : Высш. шк., 1986. 344 с.
7. Шамигулов П.В. Определение оптимальной глубины закладки горизонтального теплообменника теплового насоса. *Альтернативная энергетика и экология*. Волжск, 2015. Вып. 17(18). С. 48-53.
8. Asrar G., Kanemasu E.T. Estimating thermal diffusivity near the soil surface using Laplace transform: Uniform initial conditions // *Soil Sci. Soc. Am. J.* - 1983. - № 47. - P. 397-401.
9. Brandl H. Energy foundation and other thermo-active ground structures. *Geotechnique*. 2006. № 56. P. 81-122.
10. Geothermal energy: an underground idea starts to surface. *Engineered Systems*. 1998. № 4. P. 25-26.
11. Katzenbach R., Waberseck T. Geothermics as an element of developed and sustainable energy supply to prevent the world climate change. *Geotechnical Problems of the 21st Century in the Construction of Buildings and Foundations*. Perm, 2007. P. 146-148.

12. Tuomo Ojanen Pinto Seppä. and Esa Nykänen, Thermal insulation products and applications - Future road maps. *Science Direct*. 2015. P. 309-314.
13. Jun Kono, Yutaka Goto and Holger Wallbaum, Factors for eco-efficiency improvement of thermal insulation materials. *Key Engineering Materials*. 2016. P. 1-13.
14. Philippa Howden-Chapman, Effect of insulating existing houses on health inequality: cluster randomised study in the community. *Building Materials Journals*. 2016. P. 75-91.
15. Francesco Asdrubali Francesco D'Alessandro and Samuele Schiavoni, A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*. 2015. P. 1–17.
16. Department of Environmental Conservation, University of Massachusetts, Cellulose insulation-A smart choice. URL: www.bct.eco.umass.edu (дата звернення: 07.11.2021).
17. MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism) URL: <https://www.mlit.go.jp/en/> (дата звернення: 17.10.2021).
18. Murahashi, Y., Akasaka, H., Takeda, K., Kawakami, H. Quantitative Evaluation of Techniques for Sunshading and Thermal Insulation of Ventilated Exterior Walls and Roofs (Part 7). *Collection of Excerpts of Academic Lectures at Architectural Institute of Japan*. D2, 2006. P. 131-132
19. Judkoff, R. Increasing Building Energy Efficiency Through Advances in Materials. *MRS Bulletin*. 2008. 33 (4), P. 449-454.
20. Department of Energy and Climate Change. UK Renewable Energy Roadmap. URL: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48128/2167-uk-renewable-energy-roadmap.pdf (дата звернення: 25.10.2021).
21. The Chartered Institute of Housing. CIH Housing Facts and Figures. URL: <http://www.cih.org/resources/PDF/Marketing%20PDFs/Key%20statistics%20for%20web%20-%20housing%20supply.pdf> (дата звернення: 27.10.2021).
22. Hunt, M. Bringing the housing stock up to scratch. *The Future is*

Retro-Fit. 2008. 1, p. 3.

23. Ecopower Heating. *Electric Heating Bills Reduced – For Free!*. URL: <http://www.ecopowerheating.co.uk/2012/01/electric-heating-bills-reducedfor-free>. (дата звернення: 27.10.2021).

24. Energy Saving Trust. Solid Wall Insulation. URL: <http://www.energysavingtrust.org.uk/Insulation/Solid-wall-insulation> (дата звернення: 28.10.2021).

25. Hopper, J., Littlewood, J.R., Taylor, T., Counsell, J.A.M., Thomas, A.M., Karani, G., Geens, A. and Evans, N.I. Assessing retrofitted external wall insulation using infrared thermography. *Structural Survey*. 2012. 30 (3), P. 245-266.

26. Castleton, H.F., Stovin, V., Beck, S.B.M. and Davison, J.B. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings*. 2010. 42 (10), P. 1582-1591.

27. Organ, S., Proverbs, D. and Squires, G. Motivations for energy efficiency refurbishment in owner-occupied housing. *Structural Survey*. 2013. 31, P. 101-120.

28. Навесной вентилируемый фасад; Мокрый фасад или теплоизоляция со штукатурным слоем URL: <http://mtlib.com/book> (дата звернення 8.11.2021).

29. Попова В.В. Материалы для теплоизоляционных и гидроизоляционных работ: учебник. Москва : Высшая школа, 1988. 151 с.

30. Матюхж А.Н., Щепкина ГГ., Неелов В.А. «Теплоизоляционные и гидроизоляционные работы: учебник. Москва: Высшая школа, 1991. 220 с.

31. ДСТУ 3008-2015 Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2017-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016.31 с.

32. ДСТУ Б EN 13163:2012 Материалы строительные теплоизоляционные. Изделия из вспененного полистирола (EPS). Технические условия (EN 13163:2008, IDT). [Чинний від 01-04-13]. Вид.

офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 59 с.

33. Что собой представляет жидкая теплоизоляция URL: <http://uteplix.com/materialy/> (дата звернення 12.11.2021).

34. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. «Технология теплоизоляционных материалов»: Учебник. Москва: Стройиздат, 1990. 160 с.

35. Горчаков Г.И. Специальные строительные материалы для теплоэнергетического строительства: учебник. Москва: Издательство литературы по производству, 1972. 180 с.

36. Бобров Ю.Л., Гранев В.В., Никифорова О.П. «Современные легкие ограждающие конструкции с новыми минераловатными теплоизоляторами»: учебное пособие. Москва : ЦМИПКС, 1980. 220 с.

37. Матросов Ю.А., Бутовский И. «Региональное нормирование энергосбережения в зданиях и «Теплые дома». «Строитель»: справочник специалиста стройиндустрии. Москва: Стройинформ, 2001. 230 с.