

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання лабораторних робіт
із навчальної дисципліни

«КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ В БУДІВНИЦТВІ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ»

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання
зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія галузі знань
19 – Архітектура та будівництво, освітня програма «Цивільна інженерія»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Контроль якості в будівництві енергоефективних будівель» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія галузі знань 19 – Архітектура та будівництво, освітня програма «Цивільна інженерія») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. М. Міланко, Ю. О. Бурда. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 48 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. О. М. Міланко,
канд. техн. наук, доц. Ю. О. Бурда

Рецензент

О. В. Гвоздецький, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою теплогазопостачання і вентиляції, протокол № 8 від 30.05.2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 ПЛАНУВАННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ.....	6
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ ОБОЛОНКИ БУДІВЛІ.....	9
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ СТІНОВИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕКРИТТЯ, ПОКРИТТІВ, СВІТЛОПРОЗОРИХ ВІКОННИХ ТА ЗОВНІШНІХ ДВЕРНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	23
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 ВИЗНАЧЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТРАНСМІСІЄЮ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ.....	27
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ВТРАТ ЧЕРЕЗ ВЕНТИЛЯЦІЮ.....	28
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8 ОЦІНКА ЛІНІЙНИХ ТЕПЛОВТРАТ ТРУБОПРОВОДУ ДО ТА ПІСЛЯ НАНЕСЕННЯ ІЗОЛЯЦІЇ.....	29
ВИСНОВКИ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	31
ДОДАТОК А.....	31
ДОДАТОК Б.....	43
ДОДАТОК В	44
ДОДАТОК Г.....	45
ДОДАТОК Д.....	46

ВСТУП

Дисципліна «Контроль якості у будівництві енергоефективних будівель» є важливим складником підготовки фахівців будівельної галузі, зорієнтованої на сучасні вимоги енергоефективності, сталого розвитку та екологічної безпеки. Забезпечення належного рівня якості у проектуванні, зведенні та експлуатації будівель є одним із ключових факторів, що впливають на тривалість їх експлуатації, енергоощадність та комфортність умов перебування людей.

Метою лабораторних робіт є:

- засвоєння студентами сучасних методів контролю якості будівельних матеріалів, конструкцій і інженерних систем;
- формування практичних навичок вимірювання, оцінки та аналізу енергетичних характеристик будівель;
- ознайомлення з нормативною базою України та ЄС у сфері енергоефективності та сталого будівництва;
- розвиток здатності застосовувати набуті знання для вирішення практичних завдань у майбутній професійній діяльності.

У процесі виконання лабораторних робіт студенти отримують можливість:

- проводити теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій;
- оцінювати ефективність роботи інженерних систем будівель;
- визначати вплив зовнішніх та внутрішніх факторів на енергоспоживання будівлі;
- аналізувати результати інструментальних досліджень та робити висновки щодо рівня енергоефективності.

Виконання лабораторних робіт сприяє закріпленню теоретичних знань, розвитку аналітичного мислення та формуванню у студентів практичних компетентностей, необхідних для професійної діяльності у сфері енергоефективного та якісного будівництва.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ

БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

Мета: засвоїти принципи статистичного контролю якості будівельних робіт та матеріалів, навчитися будувати й аналізувати контрольні карти, визначати стабільність технологічних процесів та приймати рішення про відповідність результатів стандартам.

Варіант 1. Провести статистичний аналіз результатів вимірювання товщини штукатурного шару на стіні (10 вимірювань), визначити середнє значення, стандартне відхилення та зробити висновок про якість.

Варіант 2. За результатами вимірювань діаметра арматурних стержнів (12 зразків) визначити, чи перебувають всі результати в межах допустимих відхилень і зробити висновок про якість партії.

Варіант 3. Проаналізувати результати перевірки щільності асфальтобетону (15 зразків) та визначити, чи відповідає середня щільність нормативним вимогам.

Варіант 4. Виконати статистичний контроль рівності швів цегляної кладки (8 вимірювань) і оцінити відповідність результатів вимогам.

Варіант 5. Оцінити якість утеплювача за даними вимірювань товщини плити (10 зразків), побудувати гістограму розподілу і визначити, чи задовольняє матеріал стандарт.

Завдання: провести 10 вимірювань товщини штукатурного шару (норма – 12 ± 2 мм. Необхідно визначити середнє значення, стандартне відхилення та зробити висновок про якість.

Записати дані вимірювань: 12, 13, 11, 12, 14, 13, 12, 11, 12, 13 (як приклад).

Обчислити середнє значення: $\bar{X} = (12 + 13 + 11 + 12 + 14 + 13 + 12 + 11 + 12 + 13) / 10 = 123 / 10 = 12,3$ мм.

Обчислити стандартне відхилення: $\sigma \approx 0,9$ мм.

Порівняти з нормою: норма: 12 ± 2 мм $\rightarrow$ допустимий діапазон 10–14 мм. Отримані значення перебувають у межах норми.

Висновок: середня товщина штукатурного шару дорівнює 12,3 мм, відхилення невелике, усі результати перебувають у допустимих межах. Якість робіт відповідає вимогам нормативів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ПЛАНУВАННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ

Мета: ознайомитися з основними принципами планування та організації вимірювань у будівельних об'єктах, навчитися складати план дослідження, обирати оптимальні методи вимірювання параметрів обгороджувальних конструкцій та інженерних систем, а також відпрацювати практичні навички використання вимірювальних приладів для оцінки енергоефективності будівлі.

Завдання:

1. Ознайомитися з відеоматеріалами обладнання енергоаудитора.
2. Сформулювати мету та завдання вимірювань.
3. Обрати методи і прилади.
4. Розробити план проведення вимірювань
5. Провести експеримент.
6. Обробити результати.
7. Сформулювати висновки.

Параметри, що підлягають вимірюванню:

1. Рівень освітленості (люкс, лк) – відповідність нормативним вимогам.
2. Споживана потужність (Вт, кВт) – визначення фактичного енергоспоживання світильників.
3. Коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$) – аналіз ефективності використання електроенергії.
4. Струм та напруга (А, В) – оцінка електричних параметрів мережі.
5. Світловий потік світильників (лм) – визначення ефективності світильників.
6. Температура кольору (К) – відповідність комфортності умов праці.
7. Коефіцієнт пульсації світла (%) – аналіз рівня пульсації для оцінки впливу на зір.
8. Тривалість роботи світильників (години) – аналіз строку служби ламп та їх деградації.

9. ККД світильників (%) – оцінка ефективності світлорозподілу.
10. Розподіл яскравості в приміщенні – оцінка рівномірності освітлення.

Вимірювальні прилади:

1. Люксметр – для вимірювання рівня освітленості (наприклад, Testo 540, Hagner EC1).
2. Аналізатор електроенергії – для оцінки споживаної потужності та коефіцієнта потужності (Fluke 435-II, Energomonitor 3.3).
3. Мультиметр (струм, напруга) – для контролю електричних параметрів (Fluke 87V, UNI-T UT71E).
4. Спектрофотометр або колориметр – для аналізу температури кольору та світлового потоку (Konica Minolta CL-200A).
5. Осцилограф – для визначення пульсації світла.
6. Термометр (інфрачервоний або контактний) – для вимірювання температури корпусу світильників (Fluke 62 MAX).
7. Логер енергоспоживання – для довготривалого моніторингу споживання електроенергії.
8. Фотометр – для оцінки яскравості світильників.

Додаткові методи оцінки:

1. Використання тепловізора для аналізу втрат енергії у світильниках.
2. Опитування персоналу щодо комфорту освітлення.
3. Порівняння з нормативними вимогами (ДБН В.2.5-28:2006, ДСТУ EN 12464-1:2019).

Таблиця 1 – Результати вимірювань параметрів будівлі (приклад)

№ з/п	Місце вимірювання	Параметр, що вимірюється	Прилад / метод	Значення вимірювання	Нормативне значення	Відхилення	Примітки
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Зовнішня стіна, 1-й поверх (північ)	Температура внутрішньої поверхні, °C	Термометр інфрачервоний	16,5	≥ 18	-1,5	Низька температура, можлива інфільтрація

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Вікно, 2-й поверх (схід)	Коефіцієнт теплопе- редачі, Вт/м²·К	Тепловізор	2,2	$\leq 1,8$	+0,4	Недостат- ня теплоізо- ляція склопакета
3	Стіна, 3-й поверх (захід)	Вологість матеріалу, %	Карбідний метод	8,0	$\leq 6,0$	+2,0	Підвищена вологість
4	Система вентиля- ції, кухня	Кратність повітро- обміну	Анемометр	0,5	$\geq 1,0$	-0,5	Недостат- ній повітро- обмін
5	Аудито- рія, 2-й поверх	Освітле- ність, лк	Люксметр	280	≥ 300	-20	Освітлення нижче норми

Таблиця 2 – Шаблон для внесення результатів вимірювань

№ з/п	Місце вимірю- вання	Параметр, що вимірюється	Прилад / метод	Значення вимірю- вання	Нормативне значення	Відхилення	Примітки

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ ОБОЛОНКИ БУДІВЛІ

Мета: навчитися розраховувати основні геометричні параметри зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівлі, необхідні для проведення теплотехнічних розрахунків основних конструктивних елементів будівлі та визначення її загального рівня енергоефективності.

Завдання: згідно з отриманим індивідуальним завданням на виконання практичної роботи, яке видає викладач (до складу індивідуального завдання входять поверхові плани індивідуального житлового будинку, плани фасадів, схема генерального плану та опис місця розташування об'єкта), необхідно визначити геометричні параметри зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівлі та внести їх в таблицю 1.

Визначення геометричних параметрів зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівлі

До основних геометричних параметрів зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівлі належать:

- площа зовнішніх стінових конструкцій;
- площа зовнішніх віконних конструкцій;
- площа зовнішніх дверних конструкцій;
- площа горищного перекриття;
- площа перекриття мансардного типу;
- площа суміщеного перекриття;
- площа перекриття над неопалюваними підвалами;
- площа перекриття над техпідпіллям;
- площа перекриття над проїздами;
- площа підлоги по ґрунту;

- кондиціонована (опалювана) площа;
- кондиціонований (опалюваний) об'єм;
- коефіцієнт компактності будівлі;
- коефіцієнт скління зовнішньої обгороджувальної оболонки будівлі.

Теплоізоляційна оболонка будівлі – це система, яка складається з обгороджувальних конструкцій опалюваного (кондиціонованого) об'єму будівлі, що забезпечує збереження енергії для опалення та/або охолодження приміщень.

Обгороджувальні конструкції – це будівельні конструкції, що забезпечують збереження енергії для опалення та/або охолодження приміщень, захист від кліматичних впливів, поділення будівлі на частини або приміщення з різними температурними та вологісними умовами експлуатації.

Непрозорі обгороджувальні конструкції – це конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки будівлі (стіни, покриття, перекриття тощо), до складу яких входить один і більше шарів матеріалів, що не пропускають видиме світло.

Світлопрозорі обгороджувальні конструкції – це ділянки теплоізоляційної оболонки будівлі (вікна, балконні та входні двері, вітражі, скляні фасадні системи, вітрини, ліхтарі тощо), що пропускають видиме світло.

Зовнішні стінові обгороджувальні конструкції

Сукупність непрозорих обгороджувальних конструкцій всього будинку, що створюють фасад та характеризуються спільними ознаками призначення, виконують однакові функції; для них нормується приведений опір теплопередачі. При цьому зовнішні стінові обгороджувальні конструкції можуть складатися з ділянок, що мають різний конструктивний склад.

Дані щодо площі зовнішніх обгороджувальних конструкцій визначаються за внутрішніми розмірами відповідно до наявної проєктної документації. У разі її відсутності площа зовнішніх обгороджувальних конструкцій визначається за обмірами будинку.

Загальна площа зовнішніх стін (з урахуванням віконних і дерев'яних прорізів) визначається як добуток периметра зовнішніх стін за внутрішньою

поверхнею на внутрішню висоту будинку, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху з урахуванням площі віконних і дверних укосів від внутрішньої поверхні стіни до внутрішньої поверхні віконного або дверного блока. Сумарна площа вікон визначається за розмірами прорізів у світлі. Площа зовнішніх стін (непрозорої частини) визначається як різниця загальної площі зовнішніх стін та площі вікон і зовнішніх дверей.

Зовнішні віконні та дверні конструкції

Елемент теплоізоляційної оболонки будівлі, конструкція, яка розмежовує внутрішнє та зовнішнє середовище (для зовнішніх дверей головним призначенням є переміщення людей).

До зовнішніх дверей у значенні цих норм прирівнюються тамбурні двері, які розташовані:

- на вході у вбудовані або неопалювані тамбури, які входять до кондиціонованого об'єму будівлі;
- у зовнішній стіні, що розмежовує прибудований неопалюваний тамбур і кондиціонований об'єм будівлі;
- на вході в прибудований опалюваний тамбур, який входить до кондиціонованого об'єму будівлі.

Сумарна площа зовнішніх віконних та дверних конструкцій визначається за розмірами прорізів у світлі.

Неопалюване горище, неопалюваний технічний поверх

Неопалюваний об'єм, простір (горище) між конструкціями покриття, що не утеплені, та утепленим перекриттям верхнього поверху, внутрішнє повітря якого вентилюється зовнішнім повітрям.

Неопалюваний підвал

Неопалюваний об'єм підвального поверху, внутрішнє повітря якого вентилюється зовнішнім повітрям.

Опалюване горище, опалюваний технічний поверх

Простір (горище) між конструкціями утепленого покриття та неутепленим перекриттям верхнього поверху, в якому передбачені пристрої для підтримання заданої температури. До опалюваних горищ щодо цих норм потрібно прирівнювати «теплі» горища, обігрів яких здійснюється теплим повітрям, що надходить із витяжної вентиляції будівлі.

Опалюваний підвал (цокольний поверх)

Поверх підвальний, в якому передбачені пристрої для підтримання заданої температури.

Техпідпілля

Простір під перекриттям першого поверху призначений для прокладання інженерних мереж. Перекриття над техпідпіллям потрібно прирівнювати до перекриття над неопалюваним підвалом, якщо виконуються такі умови:

- висота техпідпілля становить 1,8 м та більше;
- вентилується зовнішнім повітрям;
- має спільні зовнішні стінові обгороджувальні конструкції з опалюваним об'ємом та розміщене на площі більше ніж 50 % площі підлоги першого поверху.

Площа горизонтальних зовнішніх обгороджувальних конструкцій (покриття горищного і цокольного перекриття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін). У разі похилих поверхонь стелі останнього поверху площа покриття і горищного перекриття визначається як площа внутрішньої поверхні стелі.

Кондиціонована площа будівлі

Кондиціонована площа, яку опалюють або охолоджують, A_f , m^2 , – це сумарна площа поверхів будівлі (враховуючи, зокрема, мансардний, опалюваний цокольний і підвальний поверхи), яку вимірюють у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін з урахуванням площі, що займають горизонтальні проєкції внутрішніх стін і перегородок.

До опалюваної площі належать опалювані сходові клітки, ліфтові та інші шахти з урахуванням їхньої площі на рівні кожного поверху. До опалюваної площі будівлі не належать площі теплих горищ і техпідпілля, неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд та сходових кліток, а також холодного горища або його частини, не зайнятої під мансарду. Під час визначення площі мансардного приміщення будівлі враховують площу цього приміщення до умовної межі, де висота від підлоги до внутрішньої поверхні похилої стелі становить не менше ніж 1,5 м при нахилі 30° до горизонту; 1,1 м при 45° ; 0,5 м при 60° і більше. Решту площі приміщення з, відповідно, меншою висотою враховують з коефіцієнтом 0,7.

Кондиціонований об'єм будівлі

Кондиціонований об'єм V , м^3 , для будівель з типовим планувальним рішенням усіх поверхів визначають як добуток кондиціонованої площі першого опалюваного поверху на внутрішню висоту, що вимірюють від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху. У разі наявності складних форм об'ємно-планувального рішення будівлі кондиціонований об'єм визначають як об'єм простору, обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх обгороджувальних конструкцій (стін, покриття або горищного перекриття, цокольного перекриття). Для підземних автостоянок кондиціонований об'єм обмежують перекриттям над автостоянкою.

Коефіцієнт компактності будівлі

Розрахунковий показник компактності будинку, $A_{\text{к.буд}}$, визначається за формулою

$$A_{\text{к.буд}} = F\Sigma/Vh, \quad (3.1)$$

де $F\Sigma$ – загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх обгороджувальних конструкцій, включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху і перекриття (підлоги) нижнього опалювального приміщення, м^2 ; Vh – опалюваний об'єм будівлі, що дорівнює об'єму, обмеженому внутрішніми поверхнями зовнішніх обгороджувальних конструкцій будинків, м^3 .

При проєктуванні житлових будинків потрібно дотримуватися таких нормативних вимог щодо показника компактності $A_{к.буд}$:

- 0,25 – для 16-поверхових будівель і вище;
- 0,29 – для будівель від 10-ти до 15-ти поверхів включно;
- 0,32 – для будівель від 6-ти до 9-ти поверхів включно;
- 0,36 – для 5-поверхових будівель;
- 0,43 – для 4-поверхових будівель;
- 0,54 – для 3-поверхових будівель;
- 0,61; 0,54; 0,46 – для дво-, три- і чотирьохповерхових блокових і секційних будівель відповідно;
- 0,9 – для дво- і одноповерхових будівель з мансардою;
- 1,1 – для одноповерхових будівель.

Коефіцієнт скління зовнішньої обгороджувальної оболонки будівлі

Коефіцієнт скління зовнішньої обгороджувальної оболонки будівлі – це відношення загальної площі внутрішніх поверхонь прорізів світлопрозорої частини зовнішнього обгородження приміщень до загальної площі внутрішньої поверхні (сумарної світлопрозорої та непрозорої частини зовнішнього обгородження будівлі) з урахуванням площі укосів світлопрозорих прорізів. Коефіцієнт скління зовнішньої обгороджувальної оболонки будівлі визначається за формулою:

$$m_{ск} = F_{спв} : F_{нк}, \quad (3.2)$$

де $F_{спв}$ – показник світлопрозорих обгороджувальних конструкцій;

$F_{нк}$ – показник непрозорих обгороджувальних конструкцій.

Площа стінових обгороджувальних конструкцій та зовнішніх віконних і дверних конструкції додатково розподіляється за орієнтацією по сторонах світу згідно зі схемою генерального плану.

Таблиця 3 – Геометричні показники зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівлі

Показники	Позначення і одиниці вимірювань	Нормативне значення показника	Розрахункове (проектне) значення показника	Фактичне (виміряне) значення показника
1	2	3	4	5
Геометричні показники				
Загальна площа зовнішніх обгороджувальних конструкцій будинку, зокрема:	$A_{\Sigma}, \text{м}^2$	–	–	–
– зовнішніх стін кондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	$A_i, \text{м}^2$	–	–	–
– стін, що межують із некондиціонованим об'ємом	$A_{iu}, \text{м}^2$	–	–	–
– стін, що межують з сусідніми будинками	$A_a, \text{м}^2$	–	–	–
– вікон і балконних дверей кондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	$A_{wi}, \text{м}^2$	-	-	-
– вікон і балконних дверей кондиціонованого об'єму, що межують з некондиціонованим об'ємом	$A_{wiu}, \text{м}^2$	–	–	–
– суміщених покриттів кондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	$A_{cci}, \text{м}^2$	–	–	–
– суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	$A_{ccui}, \text{м}^2$	–	–	–
– суміщених покриттів мансард, що межують із зовнішнім повітрям	$A_{aci}, \text{м}^2$	–	–	–
– суміщених покриттів мансард, що межують із некондиціонованим об'ємом	$A_{aciu}, \text{м}^2$	-	-	-
– суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	$A_{aciu}, \text{м}^2$	–	–	–

Продовження таблиці

1	2	3	4	5
– горищних перекриттів неопалюваних горищ	A_{aci}, m^2	–	–	–
– перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами	A_{uafi}, m^2	–	–	–
– перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами	A_o, m^2	–	–	–
– перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують із зовнішнім повітрям	A_{opue}, m^2	–	–	–
– перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують із сусіднім будинком	A_{opa}, m^2	–	–	–
– перекриттів між некондиціонованим простором підвалу і зовнішнім повітрям	A_{cubue}, m^2	–	–	–
– зовнішніх дверей кондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	A_{fdi}, m^2	–	–	–
– зовнішніх дверей кондиціонованого об'єму, що межують із некондиціонованим об'ємом	A_{fdiu}, m^2	–	–	–
– підлоги по ґрунту кондиціонованого об'єму	A_{gfi}, m^2	–	–	–
– підлоги по ґрунту некондиціонованого об'єму	A_{gfu}, m^2	–	–	–
– стіни кондиціонованого об'єму, що межує із ґрунтом	A_{gwi}, m^2	–	–	–
– стіни некондиціонованого об'єму, що межує із ґрунтом	A_{gwu}, m^2	–	–	–
Кондиціонована (опалювана) площа	A_f, m^2	–	–	–
Кондиціонований (опалюваний) об'єм	V, m^3	–	–	–
Об'єм, призначений для вентиляції	V_{ve}, m^3	–	–	–
Коефіцієнт скління фасадів будинку	$m_{ск}$	–	–	–
Показник компактності будинку	$A_{к.буд}, m^{-1}$	–	–	–

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ СТІНОВИХ ОБГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета: навчитися розраховувати приведений опір теплопередачі стінових обгороджувальних конструкцій.

Завдання: згідно з отриманим індивідуальним завданням на виконання практичної роботи (до складу індивідуального завдання входять по-поверхові плани індивідуального житлового будинку, плани фасадів, схема генерального плану та опис місця розташування об'єкта) визначити опір теплопередачі стінових обгороджувальних конструкцій.

Теплопровідність – це здатність тіл проводити теплову енергію від більш нагрітих частин до менш нагрітих. Теплопровідність визначається кількістю теплоти, яка проходить за одиницю часу через одиницю товщини матеріалу.

Коефіцієнт теплопровідності λ – це міра, яка виражає здатність матеріалу товщиною один метр пропускати кількість теплоти в Джоулях за одну секунду при різниці температур на протилежних поверхнях матеріалу один градус Кельвіна або Цельсія та вимірюється у Вт/(м·К) (рис. 1).

Опір теплопередачі R – це здатність конструкції перешкоджати поширенню теплового руху молекул. Величина R показує, як конструкція певної товщини чинить опір передачі тепла крізь себе і визначається різницею температур у градусах Кельвіна або Цельсія на протилежних поверхнях конструкції, необхідної для перенесення одного Вт потужності енергії через 1 м² площі цієї конструкції та вимірюється в (м²·К)/Вт.

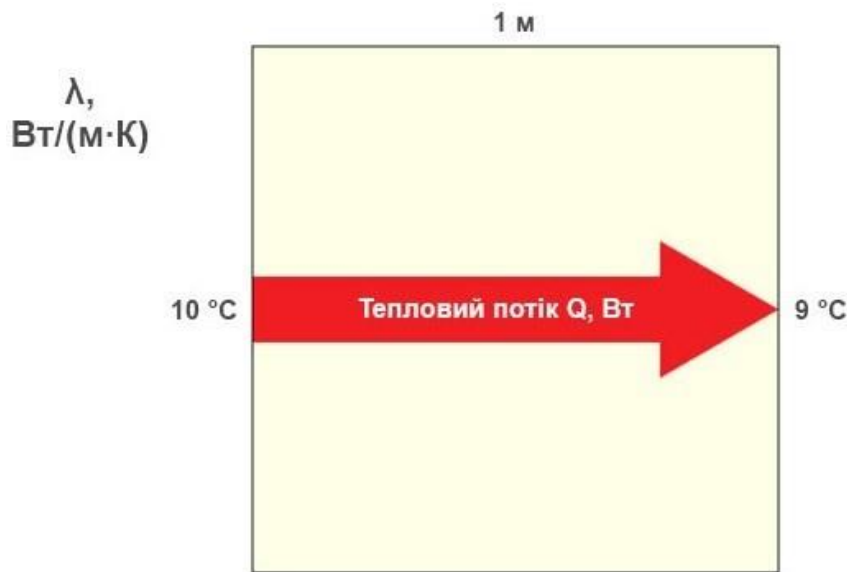


Рисунок 4.1 – Коефіцієнт теплопровідності λ

Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma пр}$ – це фізична величина, що характеризує усереднену за площею густину теплового потоку через фрагмент обгороджувальної конструкції будівлі за стаціонарних умов теплопередачі, яка чисельно дорівнює відношенню перепаду температури по різні боки обгороджувальної конструкції до осередненої за площею фрагмента густини теплового потоку через цей фрагмент конструкції, за стаціонарних умов теплопередачі вимірюється в $(\text{м}^2\cdot\text{К})/\text{Вт}$ (рис. 2).

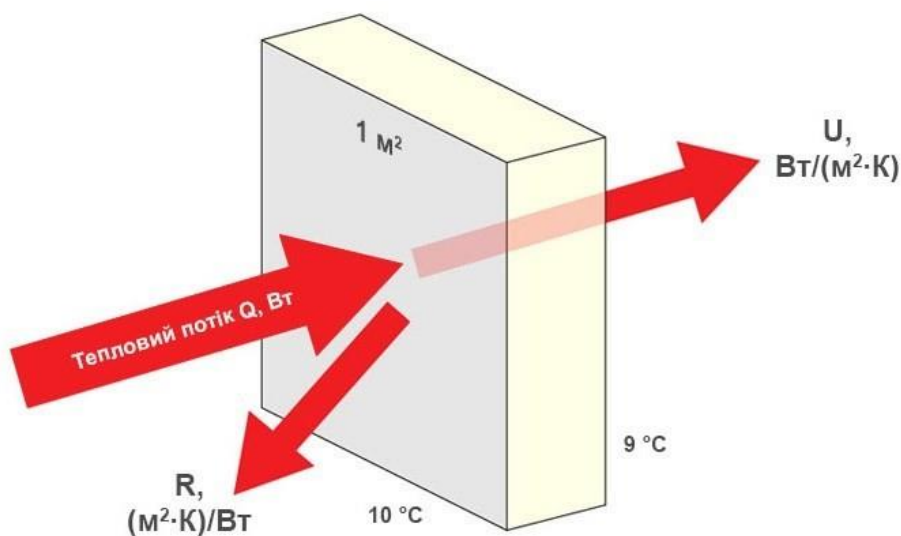


Рисунок 4.2 – Опір теплопередачі R та коефіцієнт теплопередачі U

Лінійний коефіцієнт теплопередачі – це поправочний показник для визначення впливу лінійного теплопровідного включення термічно неоднорідної обгороджувальної конструкції на її теплоізоляційні характеристики, що враховує кількість теплоти у ватах, яка передається через теплопровідне включення завдовжки 1 м за різниці температур по обидва боки конструкції в 1 К, її визначають на підставі двомірних розрахунків.

Точковий коефіцієнт теплопередачі – це поправочний показник для визначення впливу точкового теплопровідного включення термічно неоднорідної обгороджувальної конструкції на її теплоізоляційні характеристики, що враховує кількість теплоти у ватах, яка передається через теплопровідне включення за різниці температур по обидва боки конструкції в 1 К, її визначають на підставі тримірних розрахунків.

Коефіцієнт теплопередачі U – це кількість теплоти в Джоулях, яка передається через конструкцію із площею поверхні 1 м^2 за одну секунду при різниці температур на протилежних поверхнях один градус Кельвіна або Цельсія. Величина U зворотно пропорційна опору теплопередачі та вимірюється у $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ (рис. 2).

Теплоізоляційні матеріали зазвичай застосовують для теплоізоляції зовнішніх обгороджувальних конструкцій. У багатошарових обгороджувальних конструкціях теплоізоляційні матеріали застосовують як теплоізоляційний шар. Теплоізоляційний шар залежно від типу та густини теплоізоляційних виробів, що використовують, можна виконувати:

- одношаровим – на основі теплоізоляційних виробів одного типу та густини;
- багатошаровим – на основі двох або більше теплоізоляційних виробів різної густини та/або типу;
- комбінованим – на основі багатошарових теплоізоляційних виробів одного типу, виконаних із шарів різної густини, сполучених між собою за рахунок як хімічної, так і фізичної адгезії.

Теплоізоляційні матеріали мають відповідати вимогам нормативних документів на відповідний тип продукції. Вибір теплоізоляційного матеріалу здійснюють для таких типів непрозорих обгороджувальних конструкцій будівлі:

- заглиблених конструкцій будівлі, цокольних конструкцій; підлог на ґрунті; зовнішніх стін; перекриттів (цокольних, міжповерхових, горищних, еркерних);
- покриттів; обгороджувальних конструкцій, що розділяють приміщення з різницею температури понад 4 °С.

Теплоізоляційний шар потрібно розташовувати із зовнішньої сторони несучої частини обгороджувальної конструкції житлових та громадських будівель.

Товщину теплоізоляційного шару визначають за результатами розрахунку приведенного опору теплопередачі.

Характеристики теплопровідності теплоізоляційних матеріалів конкретного виробника за розрахункових умов експлуатації потрібно приймати за результатами випробувань згідно з ДСТУ Б В.2.7-182. Результати проведених випробувань потрібно підтверджувати кожні п'ять років.

У разі відсутності даних теплопровідності теплоізоляційного матеріалу конкретного виробника за розрахункових умов експлуатування допустимо приймати значення розрахункової теплопровідності згідно з додатком А.

Розрахункову теплопровідність будівельних матеріалів, що не належать до теплоізоляційних, потрібно приймати згідно з додатком А.

Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів під час проєктування потрібно приймати згідно з додатком А або протоколами випробування.

Приведений опір теплопередачі зовнішньої стінової обгороджувальної конструкції чи термічно неоднорідної непрозорої обгороджувальної конструкції, що має відповідати вимогам ДБН В.2.6-31, розраховують за формулою

$$R_{\Sigma np} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_i (A_i / R_{\Sigma i}) + \sum_m (l_m \cdot \Psi_m) + \sum_j (N_j \cdot \chi_j)}, \quad (4.1)$$

де A_{Σ} – загальна площа обгороджувальної конструкції, обчислена за внутрішнім виміром із додаванням площ внутрішніх укосів прорізів та відніманням площ прорізів, м²;

A_i – площа і-ої термічно однорідної частини непрозорої конструкції, що не містить площі внутрішніх укосів прорізів та площі ділянок зовнішніх обгороджень будівлі, які контактують з іншими теплопровідними включеннями, м²;

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі і-ої термічно однорідної частини конструкції, м²·К/Вт, визначають за формулою

$$R_{\Sigma np} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_i (A_i / R_{\Sigma i}) + \sum_m (l_m \cdot \Psi_m) + \sum_j (N_j \cdot \chi_j)}, \quad (4.2)$$

де h_{si} , h_{se} – коефіцієнти теплообміну внутрішньої і зовнішньої поверхонь обгороджувальної конструкції, Вт/(м²·К), які приймають згідно з додатком Б;

R_i – тепловий опір і-го шару конструкції, м²·К/Вт; начення теплового опору визначають за даними, наведеними в додатку В;

d_i – товщина і-го шару конструкції, м;

λ_i – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції за розрахункових умов експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м·К), приймають згідно з додатком А;

$i...1$ – кількість шарів обгороджувальної конструкції;

ψ_m – лінійний коефіцієнт теплопередачі m-го лінійного теплопровідного включення (враховують теплопровідні включення), Вт/(м · К);

l_m – лінійний розмір (проекція) m-го лінійного теплопровідного включення, м;

χ_j – точковий коефіцієнт теплопередачі j-го точкового теплопровідного включення, Вт/К, розраховують за тримірним температурним полем або приймають згідно з додатком Д (ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель);

N_j – загальна кількість j-их точкових теплопровідних включень, що розташовані на загальній площі обгороджувальної конструкції без урахування площ внутрішніх укосів прорізів, шт.

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі поширених лінійних теплопровідних включень наведені в додатку Г (ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель, точкових коефіцієнтів теплопередачі – у додатку Д (ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель).

Товщину теплоізоляційного шару в непрозорій огорожувальній конструкції визначають за виконанням вимоги ДБН В.2.6-31:

$$R_{\Sigma np.k} \geq R_{qmin}, \quad (4.3)$$

де $R_{\Sigma np.k}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої обгороджувальної конструкції чи непрозорої частини обгороджувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

R_{qmin} – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої обгороджувальної конструкції чи непрозорої частини обгороджувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, що встановлюють згідно з ДБН В.2.6-31 (наведено в дод. В).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕКРИТТЯ, ПОКРИТТІВ, СВІТЛОПРОЗОРИХ ВІКОННИХ ТА ЗОВНІШНІХ ДВЕРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета: навчитися розраховувати опір теплопередачі конструкцій перекриття, покриттів, світлопрозорих віконних та зовнішніх дверних конструкцій.

Завдання: згідно з отриманим індивідуальним завданням на виконання практичної роботи (до складу індивідуального завдання входять по-поверхові плани індивідуального житлового будинку, плани фасадів, схема генерального плану та опис місця розташування об'єкта) необхідно визначити опір теплопередачі конструкцій перекриття, покриттів, світлопрозорих віконних та зовнішніх дверних конструкцій.

Приведений опір теплопередачі конструкцій перекриття та покриття, що має відповідати вимогам ДБН В.2.6-31, розраховують за формулою

$$R_{\text{пер}} = \frac{1}{h_{\text{si}}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{\text{se}}} \quad (5.1)$$

де h_{si} , h_{se} – коефіцієнти теплообміну внутрішньої і зовнішньої поверхонь обгороджувальної конструкції, Вт/(м² · К), які приймають згідно з додатком Б;

R_i – тепловий опір i -го шару конструкції, м² · К/Вт (значення теплового опору визначають за даними, наведеними у дод. В);

d_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_i – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції за розрахункових умов експлуатації (розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К), приймають згідно з дод. А);

Товщину теплоізоляційного шару в непрозорій обгороджувальній конструкції визначають за виконанням вимоги ДБН В.2.6-31:

$$R_{\Sigma np.k} \geq R_{qmin} \quad (5.2)$$

де $R_{\Sigma np.k}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої обгороджувальної конструкції чи непрозорої частини обгороджувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

R_{qmin} – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої обгороджувальної конструкції чи непрозорої частини обгороджувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що встановлюють згідно з ДБН В.2.6-31 (наведено в дод. В).

Якщо після проведення теплотехнічного розрахунку конструкцій перекриття або покриття умова не виконується, то необхідно збільшити товщину утеплювача (теплоізоляційного матеріалу) або інших шарів, з яких складається багат шарова обгороджувальна конструкція перекриття чи покриття.

Приведений опір теплопередачі світлопрозорих віконних та зовнішніх дверних конструкцій має відповідати вимогам ДБН В.2.6-31, а саме має виконуватися така умова:

$$R_{\Sigma np.k} \geq R_{qmin}; \quad (5.3)$$

де $R_{\Sigma np.k}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорих віконних та зовнішніх дверних конструкцій., $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

R_{qmin} – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі світлопрозорих віконних та зовнішніх дверних конструкцій, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що встановлюють згідно з ДБН В.2.6-31 (наведено в дод. Д).

Якщо наведений опір теплопередачі обраної світлопрозорої конструкції $R_{\Sigma np.k}$ більший або дорівнює R_{qmin} , то ця конструкція задовольняє вимоги норм.

При перевірці вимоги щодо забезпечення мінімальної температури на внутрішній поверхні світлопрозорих обгороджень температуру t_{int} цих обгороджень потрібно визначати як для скління, так і для непрозорих елементів, за формулою

$$t_{si} = t_{int} - [n (t_{int} - t_{ext})] / (h_{se}), \quad (5.4)$$

де t_{int} – розрахункова температура повітря всередині будівлі;

t_{ext} – розрахункова температура зовнішнього повітря;

n – коефіцієнт, що враховує залежність положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій щодо зовнішнього повітря;

h_{se} – коефіцієнти теплообміну зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К), який приймають згідно з додатком Б.

Якщо в результаті розрахунку виявиться, що $t_{int} < 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, то потрібно обрати інше конструктивне рішення заповнення світлопрозорих конструкцій із метою забезпечення цієї вимоги або передбачити встановлення під вікнами приладів опалення.

Після проведення теплотехнічних розрахунків для всіх огорожувальних конструкцій зовнішньої оболонки будівлі їх значення опорів теплопровідності вносимо в таблицю 4.

Таблиця 4 – Теплотехнічні показники зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівлі

Показники	Позначення і одиниці вимірювань	Нормативне значення показника	Розрахункове (проектне) значення показника	Фактичне (виміряне) значення показника
1	2	3	4	5
Теплотехнічні показники				
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних Конструкцій, зокрема:	R_{Σ} пр , м ² *К/Вт	–	–	–
– зовнішніх стін кондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	R_{Σ} пр і	–	–	–
– стін, що межують із некондиціонованим об'ємом	R_{Σ} пр u			
– стін, що межують із сусідніми будинками	R_{Σ} пр a			
– вікон і балконних дверей кондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	R_{Σ} пр fdi			

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5
– зовнішніх дверей кондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{ пр } wiu}$	–	–	–
– суміщених покриттів кондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{ пр } cci}$	–	–	–
– суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{ пр } cci i}$	–	–	–
– суміщених покриттів мансард, що межують із зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{ пр } aci}$	–	–	–
– суміщених покриттів мансард, що межують із некондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma \text{ пр } aci u}$	–	–	–
– суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межує із зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{ пр } aci u}$	–	–	–
– покриттів опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	$R_{\Sigma \text{ пр } chai}$	–	–	–
– горищних перекриттів неопалюваних горищ	$R_{\Sigma \text{ пр } aci u}$	–	–	–
– перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами	$R_{\Sigma \text{ пр } uafi}$	–	–	–
– перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують із некондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma \text{ пр } opi u}$	–	–	–
– підлоги по ґрунту кондиціонованого об'єму	$R_{\Sigma \text{ пр } gfi}$	–	–	–
– стіни кондиціонованого об'єму, що межує із ґрунтом	$R_{\Sigma \text{ пр } gwi}$	–	–	–

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ВИЗНАЧЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТРАНСМІСІЄЮ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ

Мета: навчитися розраховувати узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією для опалення та охолодження.

Завдання: згідно з отриманим індивідуальним завданням на виконання практичної роботи (до складу індивідуального завдання входять поповерхові плани індивідуального житлового будинку, плани фасадів, схема генерального плану та опис місця розташування об'єкта) необхідно визначити узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією для опалення та охолодження.

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією (U-фактор) стосується енергоефективності будівель та матеріалів, що використовуються в їх конструкції. Цей коефіцієнт вимірює швидкість передачі тепла через матеріал на одиницю площі при певній температурній різниці між двома сторонами матеріалу: чим нижче значення U-фактору, тим краще ізольований матеріал або конструкція.

Цей коефіцієнт зазвичай використовується для оцінки енергоефективності будівельних матеріалів та елементів конструкцій, таких як вікна, двері, ізоляційні матеріали тощо. Зазвичай більші значення U-фактора означають меншу ефективність ізоляції та більшу теплопровідність матеріалу чи конструкції.

Сумарне значення узагальненого коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr.adj}$, Вт/К, розраховують за формулою

$$H_{tr.adj} = H_D + H_G + H_U + H_A, \quad (6.1)$$

де H_D – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

H_G – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

H_U – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

H_A – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

У загальному випадку H_x , що відображає H_D , H_G , H_U або H_A , сформований із трьох співмножників, його розраховують за формулою

$$H_x = b_{tr,x} \sum_i A_i U_i, \quad (6.2)$$

де A_i – площа i -го елемента теплоізоляційної оболонки будівлі, виміряна за внутрішніми розмірами, включно із площею внутрішніх дверних та віконних укосів, m^2 ;

U_i – приведений коефіцієнт теплопередачі i -го елемента теплоізоляційної оболонки будівлі, Вт/(m^2 К);

$b_{tr,x}$ – поправочний коефіцієнт, що коригує коефіцієнт H_x замість різниці температур.

Для виконання практичної роботи значення коефіцієнта $b_{tr,x}$ приймаємо рівним 1. Значення узагальненого коефіцієнта теплопередачі трансмісією для опалення та охолодження заносимо в таблицю 3.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ВТРАТ ЧЕРЕЗ ВЕНТИЛЯЦІЮ

Мета: сформувати навички оцінки теплового навантаження з урахуванням вентиляційних втрат для побудови опалювальної установки.

Завдання.

Дано: $V = 50\,000\, m^3$,

$ACH = 1\,000\, год^{-1}$,

$$\dot{V} = 0,014 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$\dot{m} = 0.017 \text{ кг/с}.$$

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = 502,500 \text{ Вт (0,502 кВт)}.$$

Висновок: отримана потужність слугує основою для вибору опалювального обладнання з урахуванням додаткових теплових витрат.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

ОЦІНКА ЛІНІЙНИХ ТЕПЛОВТРАТ ТРУБОПРОВОДУ ДО ТА ПІСЛЯ НАНЕСЕННЯ ІЗОЛЯЦІЇ

Мета: навчитися оцінювати лінійні тепловтрати трубопроводів та вплив ізоляції на зменшення втрат.

Завдання.

Дано: $T_{\text{fluid}} = 70\,000\text{ }^{\circ}\text{C},$

$$T_{\text{amb}} = 10\,000\text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$r_{\text{out}} = 0,03 \text{ м},$$

$$r_{\text{ins}} = 0,06 \text{ м}.$$

$$\text{Опір конвекції } \text{term}_{\text{conv}} = 1/(h \cdot r_{\text{out}}) = 3,333 \text{ К}\cdot\text{м/Вт}.$$

$$\text{Опір провідності } \text{term}_{\text{cond}} = \ln(r_{\text{ins}}/r_{\text{out}})/(2\pi\lambda) = 2,758 \text{ К}\cdot\text{м/Вт}.$$

$$\text{Лінійні втрати } q' = 2\pi(T_{\text{fluid}} - T_{\text{amb}})/(\text{term}_{\text{conv}} + \text{term}_{\text{cond}}) = 61,890 \text{ Вт/м}.$$

Висновок: нанесення ізоляції значно зменшує лінійні втрати; вибір матеріалу та товщини мають вирішальне значення.

ВИСНОВКИ

Під час виконання лабораторних робіт було підтверджено, що якість у будівництві енергоефективних будівель визначається комплексом параметрів, які охоплюють теплоізоляційні характеристики обгороджувальних конструкцій, герметичність стиків, ефективність вентиляційних та інженерних систем, а також відповідність фактичних показників проєктним вимогам і нормативним стандартам.

Дослідження показали, що найважливішими критеріями оцінювання є коефіцієнт теплопередачі конструкцій, рівень повітропроникності, стабільність мікрокліматичних умов у внутрішньому середовищі та здатність системи до мінімізації тепловтрат. Практичні вимірювання дозволили оцінити реальний стан якості виконаних робіт і матеріалів, що безпосередньо впливає на енергоспоживання будівлі, довговічність конструкцій та комфорт експлуатації.

Отримані результати засвідчили, що впровадження системного контролю якості на всіх етапах будівництва забезпечує досягнення проєктованих показників енергоефективності та відповідає сучасним вимогам сталого розвитку.

Таким чином, лабораторні роботи підтвердили практичну значущість якісного моніторингу будівельних процесів та необхідність інтеграції методів інструментального контролю, що дозволяє мінімізувати похибки, своєчасно виявляти дефекти та забезпечити відповідність об'єктів будівництва критеріям енергоощадності та надійності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. – Чинний від 2018–01–07. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 56 с.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Чинний від 2022–01–09. – Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. – 27 с.
3. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинний від 2014–01–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с.
4. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні зі зміною № 1. – Чинний від 2018–01–07. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2022. – 55 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – Чинний від 2011–01–11. – Київ : ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2010. – 127 с.
6. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – Чинний від 2023–01–03. – Київ : Технічний комітет стандартизації ТК 302 «Енергоефективність будівель і споруд», 2022. – 63 с.
7. ДСТУ 9243.4:2023. Система проєктної документації для будівництва. Основні вимоги до проєктної документації. – Чинний від 2024–01–04. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 59 с.
8. ДСТУ 9243.7:2023. Система проєктної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних креслень. – Чинний від 2024–01–04. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 48 с.
9. Ушацький С. А. Організація зведення і реконструкції будівель та споруд : навч. посіб. для студ. ВНЗ / С. А. Ушацький. – Київ : Вища школа, 1992. – 183 с.

10. Савйовський В. В. Реконструкція будівель і споруд : навч. посіб. / В. В. Савйовський. – Київ : Ліра, 2018. – 320 с.

11. Бліхарський З. Я. Реконструкція та підсилення будівель та споруд : навч. посіб. для ВНЗ : [рек. М-вом освіти і науки України] / З. Я. Бліхарський ; Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львів. політехніка», 2008. – 108 с.

12. Савйовський В. В. Ремонт та реконструкція цивільних будівель : навч. посіб. / В. В. Савйовський, О. Н. Болотских. – Харків : Ватерпас, 1999. – 287 с.

ДОДАТОК А

Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів

Ч.ч.	Назва матеріалу	Характеристика в сухому стані				Розрахунковий вміст вологи за масою за умов експлуатації w, %		Розрахункові характеристики за умов експлуатації				
		Густина ρ_0 , кг/м ³	теплоємність С, кДж/(кг · К)	декларативна теплопровідність λ_0 , Вт/(м · К)	А	Б	теплопровідність $\lambda_{пр}$, Вт/(м · К)	коefficient теплозасвоєння s, Вт/(м ² · К)	А	Б	паропроникність δ мг/(м · год · Па)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ												
1.1 Волокнисті матеріали												
1	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	30	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,050	0,29	0,31	0,55	
		40	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,049	0,34	0,35	0,53	
		50	0,84	0,038	0,5	1,0	0,044	0,048	0,37	0,39	0,52	
		75	0,84	0,037	0,5	1,0	0,043	0,047	0,45	0,48	0,50	
		100	0,84	0,038	0,5	1,0	0,044	0,048	0,53	0,56	0,47	
		125	0,84	0,038	0,5	1,0	0,045	0,049	0,59	0,63	0,43	
		150	0,84	0,039	0,5	1,0	0,048	0,050	0,67	0,69	0,38	
		175	0,84	0,039	0,5	1,0	0,049	0,052	0,73	0,76	0,35	
		200	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,053	0,79	0,83	0,31	
		225	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,054	0,84	0,88	0,30	
2	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна	10	0,84	0,044	1	3	0,055	0,057	0,19	0,20	0,70	
		15	0,84	0,040	1	3	0,050	0,052	0,22	0,23	0,65	
		20	0,84	0,037	1	3	0,047	0,050	0,25	0,27	0,60	
		35	0,84	0,035	1	3	0,044	0,047	0,31	0,34	0,53	
		70	0,84	0,032	1	3	0,042	0,045	0,43	0,47	0,45	
1.2 Полімерні матеріали												
3	Вироби зі спіненого пінополістиролу	15	1,34	0,040	1	5	0,044	0,050	0,28	0,33	0,05	
		25	1,34	0,038	1	5	0,042	0,048	0,34	0,40	0,05	
		35	1,34	0,037	1	5	0,040	0,045	0,40	0,46	0,05	
		50	1,34	0,034	1	5	0,039	0,043	0,46	0,53	0,05	
		160	1,45	0,043	0,5	1	0,044	0,045	0,85	1,18	0,008	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Вироби із екструдованого пінополістиролу	30	1,45	0,034	0,5	1	0,035	0,036	0,34	0,34	0,008
		35	1,45	0,035	0,5	1	0,036	0,037	0,37	0,38	0,008
5	Вироби з жорсткого пінополіуретану	40	1,47	0,029	2	5	0,040	0,040	0,40	0,42	0,05
		60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
		80	1,47	0,041	2	5	0,050	0,050	0,67	0,70	0,05
6	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту	40	1,68	0,038	5	20	0,041	0,060	0,48	0,66	0,23
		50	1,68	0,041	5	20	0,050	0,064	0,59	0,77	0,23
		100	1,68	0,047	5	20	0,052	0,076	0,85	1,18	0,15
7	Вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної смоли	15	1,68	0,047	7	30	0,058	0,064	0,27	0,34	0,51
		25	1,68	0,043	7	30	0,063	0,074	0,36	0,47	0,42
		30	1,68	0,041	7	30	0,070	0,085	0,42	0,56	0,40
8	Вироби зі спіненого пінополіетилену	30	1,34	0,043	2	5	0,044	0,047	0,30	0,33	0,02
		50	1,34	0,039	2	5	0,042	0,045	0,38	0,41	0,02
9	Вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену	30	1,34	0,038	2	5	0,042	0,043	0,38	0,40	0,02
1.3 Вироби з природної органічної та неорганічної сировини											
10	Вироби перлітофосфогельові	200	1,05	0,064	3	12	0,070	0,090	1,10	1,43	0,23
		300	1,05	0,076	3	12	0,080	0,120	1,43	2,02	0,20
11	Блоки полістиролбетонні стінові	200	1,06	0,065	4	8	0,070	0,080	1,12	1,28	0,12
		300	1,06	0,085	4	8	0,090	0,110	1,55	1,83	0,10
		600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,200	3,07	3,49	0,068
12	Вироби теплоізоляційні перліто-цементні та перлітогіпсові	300	0,84	0,075	10	15	0,098	0,108	0,92	1,26	0,198
		450	0,84	0,086	10	15	0,118	0,202	1,89	2,63	0,18
13	Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні	250	0,84	0,072	10	15	0,083	0,091	1,38	1,55	0,20
		300	0,84	0,082	10	15	0,098	0,110	1,64	1,85	0,15
		400	0,84	0,110	10	15	0,140	0,160	2,26	2,59	0,10
14	Целюлозний утеплювач	35	0,84	0,039	14	20	0,045	0,048	0,41	0,45	0,35
		50	0,84	0,039	14	21	0,048	0,052	0,50	0,57	0,34
		65	0,84	0,041	15	22	0,052	0,056	0,60	0,68	0,34
		100	0,84	0,056	16	24	0,066	0,070	0,85	0,97	0,33

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	Вироби цементопістирольні	250	0,84	0,066	4	8	0,09	0,1	1,29	1,45	0,1
		300	0,84	0,076	4	8	0,10	0,11	1,53	1,74	0,095
		400	0,84	0,096	4	8	0,12	0,15	2,02	2,33	0,08
		500	0,84	0,116	4	8	0,14	0,19	2,53	2,95	0,070
		550	0,84	0,126	4	8	0,15	0,21	2,78	3,28	0,068
16	Вироби перлітобітумні теплоізоляційні	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
		400	1,68	0,111	1	2	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
17	Вироби із піноскла	120	0,84	0,050	0,1	0,2	0,050	0,051	0,63	0,65	0,002
18	Блоки кремнезитоцементні	300	0,84	0,073	3	6	0,08	0,086	1,30	1,43	0,29
		400	0,84	0,083	3	6	0,09	0,096	1,59	1,75	0,23
		500	0,84	0,093	3	6	0,10	0,11	1,87	2,1	0,17
19	Вироби з арболіту на портландцементі	300	2,30	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,30
		400	2,30	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
		600	2,30	0,12	10	15	0,18	0,23	4,63	5,43	0,11
		800	2,30	0,16	10	15	0,24	0,3	6,17	7,16	0,11
20	Плити теплоізоляційні очеретяні	200	2,30	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
		300	2,30	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
21	Плити деревоволокнисті та деревостружкові	200	2,30	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
		400	2,30	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
		600	2,30	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
		800	2,30	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
		1 000	2,30	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
1.4 Бетони теплоізоляційні											
22	Бетони ніздрюваті	200	0,84	0,055	4	6	0,069	0,074	1,01	1,09	0,28
		250	0,84	0,065	4	6	0,078	0,088	1,20	1,32	0,28
		300	0,84	0,080	4	6	0,09	0,10	1,41	1,54	0,26
		350	0,84	0,090	4	6	0,10	0,12	1,60	1,83	0,24
23	Вермикулітобетон	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
		600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
		800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	0,12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.5 Матеріали теплоізоляційні засипні											
24	Щебінь перлітовий	300	0,84	0,112	1	2	0,115	0,12	1,42	1,51	0,26
25	Гравій шлаковий	300	0,84	0,112	1	3	0,12	0,13	1,56	1,65	0,22
26	Щебінь шлаковий	350	0,84	0,162	1	3	0,17	0,19	2,00	2,16	0,21
27	Вермикулітова засипка	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
		150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26
		200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,105	1,01	1,16	0,23
		250	0,84	0,070	2	3	0,09	0,11	1,20	1,39	0,20
28	Гравій керамзитовий	200	0,84	0,009	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,27
		300	0,84	0,11	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
		400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,2	2,62	2,91	0,23
		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,6	0,21
29	Щебінь шлакопемзовий	400	0,84	0,12	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,26
		500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,25
		600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,70	2,98	0,24
		700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,23
		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,22
30	Крихта із піноскла	80	0,84	0,06	0,1	0,2	0,061	0,062	0,60	0,62	0,28
31	Пісок для будівельних робіт	1 600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
1.6 Розчини теплоізоляційні											
32	Розчини цементно-перлітові	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
		800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
		1 000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,30	4,64	5,42	0,15
33	Розчини гіпсоперлітові	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
		500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
34	Розчини цементно-кремнезитові	200	0,84	0,063	4	8	0,072	0,08	1,03	1,17	0,35
		300	0,84	0,073	4	8	0,082	0,09	1,34	1,52	0,29
35	Розчини цементно-шлакові	1 200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
		1 400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
36	Розчини цементно-пінополістирольні	600	0,84	0,10	4	10	0,12	0,17	2,33	3,06	0,07
37	Вироби на основі перліту	320	0,84	0,076	5	8,5	0,091	0,095	1,49	1,63	0,1
		330	0,84	0,080	7,5	11,5	0,096	0,104	1,63	1,82	0,09
		370	0,84	0,096	3,5	7,0	0,107	0,115	1,69	1,87	0,07
		450	0,84	0,106	6,5	11	0,13	0,14	2,14	2,44	0,07
2 КОНСТРУКЦИНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
2.1 Бетони ніздрюваті											
38	Бетони ніздрюваті	150	0,84	0,050	4	6	0,056	0,06	0,79	0,85	0,28
		300	0,84	0,080	4	6	0,09	0,10	1,41	1,54	0,26
		350	0,84	0,090	4	6	0,10	0,12	1,60	1,83	0,24
		400	0,84	0,10	4	6	0,11	0,13	1,84	2,1	0,23
		500	0,84	0,12	4	6	0,15	0,16	2,38	2,48	0,20
		600	0,84	0,14	4	6	0,16	0,18	2,65	2,9	0,17
		700	0,84	0,18	6	8	0,24	0,27	3,66	3,98	0,16
		800	0,84	0,21	6	8	0,27	0,30	4,16	4,51	0,14
		900	0,84	0,24	6	8	0,33	0,36	4,82	5,23	0,12
		1 000	0,84	0,29	8	12	0,38	0,44	5,72	6,59	0,11
		1 100	0,84	0,34	10	15	0,45	0,51	6,74	7,74	0,1
		1 200	0,84	0,38	10	15	0,49	0,55	7,37	8,48	0,09
39	Газо- та пінозобетон	1 000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,5	6,86	8,01	0,098
		1 200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
2.2 Бетони легкі											
40	Керамзитобетон на керамзитовому піску	600	0,84	0,16	5	10	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
		800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
		1 000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
		1 200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
		1 400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
		1 600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
		1 800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
41	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
		1 000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
		1 200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
42	Керамзитобетон на перлітовому піску	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
		1 000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
43	Керамзитшлакобетон	1 000	0,84	0,25	4	8	0,33	0,41	5,06	5,91	0,15
44	Перлітобетон	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
		800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
		1 000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
		1 200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
45	Шлакопемзобетон	1 000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
		1 200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
		1 400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
		1 600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
46	Бетон на доменних гранульованих шлаках	1 200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
		1 400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
		1 600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
47	Бетон на зольному гравії	1 000	0,84	0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
		1 200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
		1 400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
		2.3 Вироби гіпсові									
48	Плити з гіпсу	1 000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11
		1 200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,7	0,1
49	Листи гіпсокартонні	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
2.4 Вироби бетонні											
50	Блоки кремнезитоцементні	700	0,84	0,2	4	8	0,21	0,23	3,28	3,63	0,19
		800	0,84	0,21	4	8	0,22	0,24	3,59	4,05	0,17
		1 000	0,84	0,23	4	8	0,23	0,27	4,28	4,81	0,13
		1 200	0,84	0,25	4	8	0,27	0,29	4,87	5,45	0,11
2.5 Деревина та вироби з неї											
51	Сосна та ялина поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
52	Сосна та ялина вздовж волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
41	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075	
		1 000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075	
		1 200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075	
42		Керамзитобетон на перлітовому піску	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
43	Керамзитшлакобетон	1 000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15	
		1 000	0,84	0,25	4	8	0,33	0,41	5,06	5,91	0,15	
44		Перлітобетон	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
		800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26	
		1 000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19	
		1 200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15	
45	Шлакопемзобетон	1 000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11	
		1 200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11	
		1 400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098	
		1 600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09	
46	Бетон на доменних гранульованих шлаках	1 200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11	
		1 400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098	
		1 600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09	
47		Бетон на зольному гравії	1 000	0,84	0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
		1 200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11	
		1 400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09	
2.3 Вироби гіпсові												
48	Плити з гіпсу	1 000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11	
		1 200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,7	0,1	
49	Листи гіпсокартонні	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075	
2.4 Вироби бетонні												
50	Блоки кремнезитоцементні	700	0,84	0,2	4	8	0,21	0,23	3,28	3,63	0,19	
		800	0,84	0,21	4	8	0,22	0,24	3,59	4,05	0,17	
		1 000	0,84	0,23	4	8	0,23	0,27	4,28	4,81	0,13	
		1 200	0,84	0,25	4	8	0,27	0,29	4,87	5,45	0,11	
2.5 Деревина та вироби з неї												
51	Сосна та ялина поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06	
52	Сосна та ялина вздовж волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
53	Дуб поперек волокон	700	2,3	0,10	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
54	Дуб вздовж волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
55	Фанера клеєна	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
56	Картон облицувальний	1 000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
57	Картон будівельний багатoshаровий	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
2.6 Цегляна кладка з порожнистої цегли											
58	Керамічної порожнистої густиною 1 400 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1 600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
59	Керамічної порожнистої густиною 1 300 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1 400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
60	Керамічної порожнистої густиною 1 000 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1 200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
2.7 Кладка з виробів бетонних											
61	3 блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м ³ (брутто)	1 350	0,88	0,31	1	2	0,37	0,43	5,06	5,91	0,15
62	3 блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 850 кг/м ³ (брутто)	1 400	0,88	0,34	1	2	0,46	0,51	5,95	6,41	0,15
63	3 блоків кремнезитоцементних на вапняному розчині із сіпорового та кварцового піску	400	0,88	0,085	3	6	0,09	0,092	1,62	1,74	0,22
3 МАТЕРІАЛИ КОНСТРУКЦІЙНІ											
3.1 Бетони конструкційні											
64	Залізобетон	2 500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
65	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2 400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
3.2 Розчини будівельні											
66	Розчин вапняно-піщаний	1 600	0,84	0,47	2	4	0,70	0,81	8,69	9,76	0,12
67	Розчин складаний (пісок, вапно, цемент)	1 700	0,84	0,52	2	4	0,70	0,87	8,95	10,42	0,098
68	Розчин цементно-піщаний	1 800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.3 Облицювання природним каменем та керамічною плиткою											
69	Плити та вироби з природного каменю: граніт, гнейс та базальт	2 800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
70	мармур	2 800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
71	вапняк	1 600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
		1 800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
		2 000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
72	туф	1 000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
		1 200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
		1 400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
		1 600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
		1 800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
		2 000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
73	Плити керамічні для підлоги	2 000	0,88	0,89	3	5	0,96	1,1	11,63	12,55	0,06
3.4 Кладка цегляна з повнотілої цегли											
74	Керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині	1 800	0,88	0,56	1	2	0,70	0,81	9,2	10,12	0,11
75	Керамічної звичайної на цементно-шлаковому розчині	1 700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
76	Керамічної звичайної на цементно-перлітовому розчині	1 600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,70	8,08	9,23	0,15
77	Силікатної на цементно-піщаному розчині	1 800	0,88	0,70	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
78	Трепельної на цементно-піщаному розчині	1 000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
		1 200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
79	Шлакової на цементно-піщаному розчині	1 500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,70	8,12	8,76	0,11
3.5 Матеріали покрівельні, гідроізоляційні, пароізоляційні та покриття полімерні для підлог											
80	Листи азбестоцементні	1 600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
		1 800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
81	Матеріали бітумні, бітумно-полімерні покрівельні та гідроізоляційні	1 000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
		1 200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
		1 400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
82	Асфальтобетон	2 100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
83	Руберойд, пергамін	1 000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	0,001
84	Мембрана ПВХ	1 000	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,00011
85	Пароізоляційна плівка	1 600	1,47	0,3	0	0	0,3	0,3	8,56	8,56	0
86	Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові	1 600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
		1 800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
87	Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі	1 400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
		1 600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
88	Лінолеум полівінілхлоридний багатощаровий та одношаровий без підоснови	800	1,47	0,17	0	0	0,17	0,17	3,32	3,32	0,002
		1 200	1,47	0,21	0	0	0,21	0,21	4,51	4,51	0,02
3.6 Метали та скло											
89	Сталь арматурна	7 850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
90	Чавун	7 200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
91	Алюміній	2 600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
92	Латунь, мідь	8 500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
93	Скло віконне	2 500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0
Примітка. Для будівельних матеріалів, що не увійшли до таблиці, розрахункові значення теплофізичних характеристик потрібно визначати експериментально згідно з ДСТУ Б В.2.7-182.											

ДОДАТОК Б

Розрахункові значення коефіцієнтів теплопередачі внутрішньої (h_{si}) та зовнішньої (h_{se}) поверхонь обгороджувальних конструкцій

Ч.ч.	Тип конструкції		Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² · К)	
			h_{si}	h_{se}
1	Вертикальні непрозорі огороджувальні конструкції (зовнішні стіни)	з опорядженням штукатурками	8,7	23
		з вентильованими повітряними прошарками	8,7	12
2	Те саме (зовнішні двері, ворота)	непрозорі	8,7	23
3	Вертикальні світлопрозорі огороджувальні конструкції (вікна, двері балконні, світлопрозорі зовнішні двері, вітражі, світлопрозорі фасади)		8,0	23
4	Горизонтальні світлопрозорі огороджувальні конструкції (зенітні ліхтарі, покриття атриумів, оранжерей)		9,9	23
5	Горизонтальні непрозорі огороджувальні конструкції за теплового потоку знизу догори	плоскі (суміщені) покриття	10,0	23
		горищні перекриття	10,0	6
6	Горизонтальні непрозорі огороджувальні конструкції за теплового потоку зверху донизу	переkritтя над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентилуються зовнішнім повітрям	5,9	6
		переkritтя над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами в стінах	5,9	12
		переkritтя над неопалюваними підвалами, що межують із зовнішнім повітрям	5,9	17
		переkritтя, що межують із зовнішнім повітрям (еркери, проїзди)	5,9	23

ДОДАТОК В

Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі обгороджувальної конструкції житлових та громадських будівель, R_{qmin}

Ч.ч.	Вид обгороджувальної конструкції	Значення R_{qmin} , м ² К/Вт для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові обгороджувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалюваних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям та розміщені над неопалюваними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі обгороджувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

Карта-схема температурних зон України



ДОДАТОК Д

Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma pr.k}$ світлопрозорих конструкцій

N п.п.	Заповнення світлового прорізу	Світлопрозорі конструкції					
		в дерев'яних або ПВХ переплетеннях			в алюмінієвих переплетеннях		
		$R_0', \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	τ	k	$R_0', \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	τ	k
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Подвійне застосування із звичайного скла в спарених переплетеннях	0,40	0,75	0,62	–	0,70	0,62
2	Подвійне застосування з твердим селективним покриттям в спарених переплетеннях	0,55	0,75	0,65	–	0,70	0,65
3	Подвійне застосування із звичайного скла в роздільних переплетеннях	0,44	0,65	0,62	0,34	0,60	0,62
4	Подвійне застосування з твердим селективним покриттям в роздільних переплетеннях	0,57	0,65	0,60	0,45	0,60	0,60
5	Блоки скляні пустотні (з шириною швів 6 мм) розміром, мм: 194×194×98 2544×244×98	0,31	0,90	0,40 (без переплетення)			
		0,33	0,90	0,45 (без переплетення)			
6	Профільне скло коробчатого перерізу	0,31	0,90	0,50 (без переплетення)			
7	Подвійне з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,36	0,90	0,9	–	0,90	0,90
8	Потрійне з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,52	0,90	0,83	–	0,90	0,83
9	Потрійне скління із звичайного скла в роздільно-спарених переплетеннях	0,55	0,50	0,70	0,46	0,50	0,70
10	Потрійне скління з твердим селективним покриттям в роздільно-спарених переплетеннях	0,60	0,50	0,67	0,50	0,50	0,67
11	Однокамерний склопакет в одинарному переплетенні зі скла:						
	– звичайного	0,35	0,80	0,76	0,34	0,80	0,76
	– з твердим селективним покриттям	0,51	0,80	0,75	0,43	0,80	0,75
	– з м'яким селективним покриттям	0,56	0,80	0,54	0,47	0,80	0,54

1	2	3	4	5	6	7	8
12	Двокамерний склопакет в одинарній палітурці із скла:						
	– звичайного (з міжскляною відстанню 8 мм)	0,50	0,80	0,74	0,43	0,80	0,74
	– звичайного (з міжскляною відстанню 12 мм)	0,54	0,80	0,74	0,45	0,80	0,74
	– з твердим селективним покриттям	0,58	0,80	0,68	0,48	0,80	0,68
	– з м'яким селективним покриттям	0,68	0,80	0,48	0,52	0,80	0,48
	– з твердим селективним покриттям і заповненням аргоном	0,65	0,80	0,68	0,53	0,80	0,68
13	Звичайне скло і однокамерний склопакет в роздільних палітурках зі скла:						
	– звичайного	0,56	0,60	0,63	0,50	0,60	0,63
	– з твердим селективним покриттям	0,65	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58
	– з м'яким селективним покриттям	0,72	0,60	0,51	0,60	0,60	0,58
	– з твердим селективним покриттям і заповненням аргоном	0,69	0,60	0,58	0,60	0,60	0,58
14	Звичайне скло і двокамерний склопакет в роздільних палітурках із скла:						
	– звичайного	0,65	0,60	0,60	–	0,60	0,60
	– з твердим селективним покриттям	0,72	0,60	0,56	–	0,58	0,56
	– з м'яким селективним покриттям	0,80	0,60	0,36	–	0,58	0,56
	– з твердим селективним покриттям і заповненням аргоном	0,82	0,60	0,56	–	0,58	0,56
15	Два однокамерних склопакета в спарених палітурках	0,70	0,70	0,59	–	0,70	0,59
16	Два однокамерних склопакета в роздільних палітурках	0,75	0,60	0,54	–	0,60	0,54
17	Чотиришарове заскління із звичайного скла в двох спарених палітурках	0,80	0,50	0,59	–	0,50	0,59

Примітки:

- Значення приведенного опору теплопередачі, зазначені в таблиці, допускається застосовувати в якості розрахункових при відсутності цих значень в стандартах або технічних умовах на конструкції або непідтверджених результатами випробувань.
- До м'яких селективних покриттям скла відносять покриття з теплової емісією менше 0,15, до твердих (К-скло) – 0,15 і більше.
- Значення приведенного опору теплопередачі заповнень світлових прорізів дані для випадків, коли відношення площі скління до площі заповнення світлового прорізу дорівнює 0,75.
- Значення для вікон зі склопакетами наведені:
 - для дерев'яних вікон при ширині палітурки 78 мм;
 - для конструкцій вікон в ПВХ палітурках шириною 60 мм з трьома повітряними камерами.
 При застосуванні ПВХ палітурок шириною 70 мм і з п'ятьма повітряними камерами приведений опір теплопередачі збільшується на 0,03 м²·°C/Вт

Електронне навчальне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання лабораторних робіт
із навчальної дисципліни

«КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ В БУДІВНИЦТВІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ»

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання
зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія галузі знань
19 – Архітектура та будівництво, освітня програма «Цивільна інженерія»)*

Укладачі: **МІЛАНКО** Ольга Миколаївна,
БУРДА Юрій Олександрович

Відповідальний за випуск *О. М. Міланко*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *О. М. Міланко, І. В. Волосожарова*

План 2025, поз. 580М

Підп. до друку 21.10.2025. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 2,8.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 8386 від 14.07.2025.