

CadEE.pro

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Теплотехнічні та енергетичні розрахунки в CadEE.pro

до практичних занять, курсового та дипломного
проєктування для здобувачів вищої освіти будівельних
спеціальностей

Версія 12 · жовтень 2026

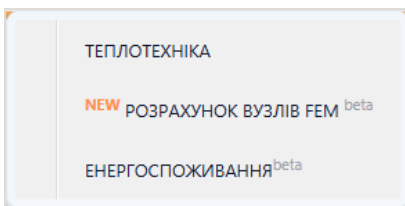
Зміст

1. Як користуватися вказівками	3
2. Опір теплопередачі	3
3. Приведений опір і теплопровідні включення	11
4. Температура внутрішньої поверхні	16
5. Температура точки роси	18
6. Опір паропроникненню	21
7. Тепловологісний стан	24
8. Повітропроникність	30
9. Теплова інерція	34
10. Теплостійкість огорожувальних конструкцій у літній період	37
11. Показник теплосасвоєння поверхнею підлоги	41
12. Підлога на ґрунті	45
13. Теплові мости методом скінченних елементів (бета)	49
14. Енергоефективність будівлі (бета)	60
15. Звіт про роботу і оцінювання	87
16. Варіанти індивідуальних завдань	89
17. Нормативна база і довідкові сторінки	90
18. Список використаних джерел	91
Додаток А. Словник позначень	93
Додаток Б. Відповідність позначень нормам і калькулятору	101

Ці методичні вказівки призначено для здобувачів будівельних спеціальностей і викладачів, які проводять практичні заняття з будівельної теплофізики та енергоефективності. Вони допомагають пройти весь шлях розрахунку: від вибору вихідних даних і розуміння фізичного процесу до перевірки результату та обґрунтування проєктного рішення. Кожен тематичний розділ поєднує пояснення, формули, послідовність роботи в CadEE.pro і контрольний приклад.

1. Як користуватися вказівками

У верхньому меню «Розрахунки» виберіть потрібний модуль. «Теплотехніка» відкриває роботу з огорожувальною конструкцією, «Розрахунок вузлів FEM» — каталог двовимірних вузлів, а «Енергоспоживання» — розрахунок будівлі. Назви пунктів на скріншоті наведено так, як їх показує інтерфейс CadEE.pro.



Меню «Розрахунки»

Оберіть тему практичної роботи, підготуйте склад конструкції та кліматичні дані. Прочитайте пояснення показника, виконайте розрахунок і зіставте результат із нормативною вимогою. У висновку зазначте, що перевірено, яке значення отримано та чим пояснюється результат.

Побудову конструкції почніть із додавання шарів у порядку від внутрішньої поверхні до зовнішньої. Після автоматичного додавання перевірте матеріал і товщину кожного шару: заготовка допомагає створити модель, але її потрібно узгодити зі своїм завданням. Відео поруч показує цю початкову операцію.



Відео A2
Додавання шарів

Відеоуроки поруч із темами показують відповідні дії в CadEE.pro. Відскануйте QR-код телефоном або натисніть на нього в електронній версії. Для уроків, вихід яких заплановано після підготовки цієї редакції, наведено дату публікації.

Числа навчальних прикладів використовують із наведеними вихідними даними; вони не замінюють розрахунок вашої конструкції. Позначення й терміни пояснено в додатках А і Б.

2. Опір теплопередачі

Припущення моделі. Одновимірна стаціонарна модель використовує сталі характеристики шарів, однорідних у площині. Вона не описує бокових теплових потоків у вузлах чи змін характеристик у часі.

Фізичний зміст показника. Опір теплопередачі R_{Σ} показує, наскільки конструкція затримує тепловий потік: чим він більший, тим менше тепла проходить крізь 1 м^2 при різниці температур 1 К . Одиниця — $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$. Це основний показник теплозахисту та вихідна величина для більшості інших розрахунків цих вказівок.



Відео В1
Опір теплопередачі

Як читати формулу опору. Кожен шар додає свій опір до загального. За незмінної теплопровідності збільшення товщини шару збільшує його внесок пропорційно; за однакової товщини більший внесок має матеріал із меншою теплопровідністю. Тому товстий несучий шар не обов'язково забезпечує такий самий теплозахист, як значно тонший шар утеплювача. Щоб пояснити результат, зіставте саме опори шарів, а не лише їхні товщини.

Поверхневі опори описують обмін теплом між повітрям і поверхнями конструкції. Вони входять до загального опору поряд з опорами матеріалів. Під час ручної перевірки їх легко пропустити, особливо коли основну увагу зосереджено на утеплювачі. Записуйте обидва поверхневі доданки окремо, щоб було видно весь розрахунковий ланцюжок.

Нормативні вимоги. Умова (4) ДБН В.2.6-31:2021, п. 5.1: приведений опір не менший за мінімально допустимий. Для термічно однорідної конструкції $R_{\Sigma \text{пр}} = R_{\Sigma}$.

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{min}} \quad (2.1)$$

Рівність є виконанням умови (4) п. 5.1 ДБН В.2.6-31:2021. Порівнюють неокруглені значення: збіг цифр на картці після округлення ще не означає точну рівність. Якщо текст автоматичного висновку суперечить цій нерівності, висновок перевіряють за числовими даними та нормативним знаком.

$R_{q \text{min}}$ для житлових і громадських будівель — за табл. 1 ДБН В.2.6-31:2021:

Таблиця 2.1. Мінімально допустимий опір $R_{q \text{min}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ (за табл. 1 ДБН В.2.6-31:2021)

Вид конструкції	Зона I	Зона II
Зовнішні стіни	4,00	3,50
Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
Покриття опалюваних горіщ (технічних поверхів), мансард; горіщні перекриття неопалюваних горіщ	6,00	5,50

Вид конструкції	Зона I	Зона II
Перекрыття, що межують із зовнішнім повітрям, і над неопалюваними підвалами	5,00	4,00
Світлопрозорі конструкції	0,90	0,70
Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
Зовнішні двері	0,70	0,60

Для промислових і сільськогосподарських будівель $R_{q\min}$ — за табл. 2 ДБН В.2.6-31:2021 (залежить від вологісного режиму і теплової інерції D). Зниження $R_{q\min}$ до 80 % або 75 % допускають лише у випадках, прямо визначених пп. 5.2.1–5.2.2 ДБН В.2.6-31:2021, з усіма умовами цих пунктів. Температурну зону визначають для місця будівництва за картою додатка А ДБН В.2.6-31:2021; межа зон не збігається з межами областей.

Вибір характеристик матеріалів

Вологісний режим приміщення визначають за θ_{int} і φ_{int} (табл. Б.1 ДБН В.2.6-31:2021):

Таблиця 2.2. Вологісний режим приміщень (за табл. Б.1 ДБН В.2.6-31:2021)

Режим	$\theta_{\text{int}} \leq 12\text{ }^{\circ}\text{C}$	$12 < \theta_{\text{int}} \leq 24\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\theta_{\text{int}} > 24\text{ }^{\circ}\text{C}$
Сухий	$\varphi_{\text{int}} < 60$	$\varphi_{\text{int}} < 50$	$\varphi_{\text{int}} < 40$
Нормальний	$60 \leq \varphi_{\text{int}} \leq 75$	$50 \leq \varphi_{\text{int}} \leq 60$	$40 \leq \varphi_{\text{int}} \leq 50$
Вологий	$\varphi_{\text{int}} > 75$	$60 < \varphi_{\text{int}} \leq 75$	$50 < \varphi_{\text{int}} \leq 60$
Мокрий	—	$\varphi_{\text{int}} > 75$	$\varphi_{\text{int}} > 60$

Калькулятор визначає умови експлуатації за табл. Б.3 ДБН В.2.6-31:2021 так: сухий режим → умови А; нормальний, вологий і мокрий → умови Б. Від умов залежать λ_i і s_i матеріалу: для умов Б вони більші, бо вологий матеріал краще проводить тепло. Приклад: одноквартирний будинок, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і 55 % → нормальний режим → умови Б. Теплову інерцію, теплостійкість і теплосасвоєння підлоги рахують з λ_i і s_i для умов А за ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 (розділи 9–11).



Відео А3
Матеріали
Вихід: 13.10.2026

Товщину шару у формулах підставляють у метрах. Шари нумерують від внутрішньої поверхні; теплопровідність беруть для відповідних умов експлуатації.

Як обчислюють. Опори двох поверхонь плюс опори всіх шарів (формула (2) ДСТУ 9191:2022):

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i}, \quad R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^N R_i + \frac{1}{h_{se}} \quad (2.2)$$

де h_{si} , h_{se} — коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь за табл. Б ДСТУ 9191:2022, Вт/(м²·К) (для зовнішньої стіни зі штукатурним опорядженням 8,7 і 23); d_i — товщина шару, м; λ_i — розрахункова теплопровідність за табл. А.1 ДСТУ 9191:2022 для умов експлуатації А або Б, Вт/(м·К); N — кількість увімкнених шарів. Якщо є теплопровідні вклучення, далі визначають приведений опір (розділ 3).

Алгоритм.

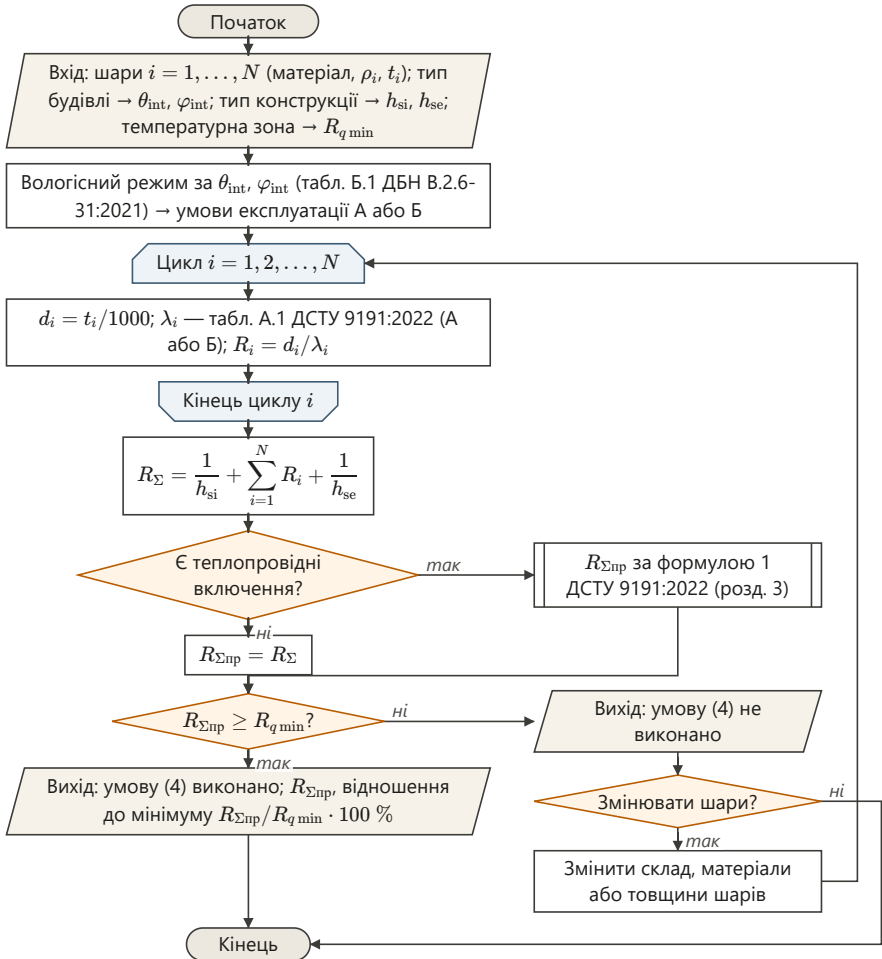


Рис. 1. Алгоритм розрахунку опору теплопередачі і перевірки умови (4) ДБН В.2.6-31:2021

Індекси. i — номер шару від внутрішньої поверхні, крок 1; N — кількість увімкнених шарів.

Одиниці. d_i — м; λ_i — Вт/(м·К); h_{si} , h_{se} — Вт/(м²·К); R_i , R_{Σ} , $R_{\Sigma пр}$ — м²·К/Вт.

Повтор. після зміни шарів алгоритм повертається до початку циклу i , тобто заново визначає λ_i і R_i ; зміна матеріалу не змінює вологісного режиму, бо той залежить лише від θ_{int} і ϕ_{int} .

Якщо вимогу не виконано, проєктувальник змінює склад шарів і повторює розрахунок від визначення λ_i . Калькулятор перераховує результат одразу після кожної зміни.

Послідовність роботи в CadEE.pro.

Кнопка «Інші теплотехнічні розрахунки» відкриває каталог комплексних і окремих перевірок. Для роботи цього розділу виберіть «Опір теплопередачі». Картка «Тепловологісний стан» призначена для іншої задачі — аналізу перенесення пари та накопичення вологи, описаного в розділі 7.

Орієнтуйтеся на назву задачі та нормативну основу відповідного розділу методички.

Окремі розрахунки



Опір теплопередачі

Визначення приведеного і граничного опору теплопередачі та теплоспоживання пілози згідно з вимогами ДСТУ 9191



Тепловологісний стан

Оцінку тепловологісного стану конструкції виконуємо згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-192:2013



«Інші теплотехнічні розрахунки»: фрагмент меню

1. Відкрийте окремий розрахунок «Опір теплопередачі» або комплексний розрахунок.
2. Задайте тип будівлі, тип конструкції і місто.
3. Введіть шари від внутрішньої поверхні до зовнішньої: матеріал, густину, товщину t_i в міліметрах. У стовпці « λ » видно λ_i для визначених умов експлуатації.
4. На картці «Опір теплопередачі» прочитайте $R_{\Sigma \text{пр}}$ (на картці — «R»), $\text{MIN} (R_{q \text{ min}})$ і відсоток до норми. Якщо вимогу не виконано, збільшуйте товщину утеплювача.
5. Завантажте звіт: склад конструкції, умови експлуатації, таблиця теплопровідності шарів, формула (2) з підставленими значеннями і висновок за умовою (4).

Контрольний приклад. Одноквартирний будинок ($\theta_{\text{int}} = 20^\circ \text{C}$, $\varphi_{\text{int}} = 55\% \rightarrow$ умови Б), Київ (зона I), зовнішня стіна, $h_{\text{si}} = 8,7$, $h_{\text{se}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Таблиця 2.3. Стіна контрольних прикладів розділів 2, 4–6 і 9 (умови Б)

i	Матеріал (назва в каталозі)	$t_{i,}$ мм	$\lambda_{i,}$ Вт/(м·К)	$R_{i,}$ м ² ·К/ Вт
1	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	20	0,87	0,0230
2	Кладка цегляна (повнотіла) керамічна на цементно-піщаному розчині	380	0,81	0,4691
3	Розчин цементно-піщаний	10	0,93	0,0108

<i>i</i>	Матеріал (назва в каталозі)	$t_{i,}$ мм	$\lambda_{i,}$ Вт/(м·К)	$R_{i,}$ м²·К/ Вт
4	Мінеральна вата, $\rho_4 = 150 \text{ кг/м}^3$	180	0,05	3,6000
5	Розчин цементно-піщаний	5	0,93	0,0054

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,18}{0,05} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,267 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$R_{\Sigma} = 4,267 \geq R_{q \min} = 4,00 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ — умову (4) виконано (107 % норми).

Найбільше дає утеплювач: $R_4 = 3,60$ з $4,267$.

Аналіз результату. Після добору товщини утеплювача поясніть, який шар забезпечує основну частку опору. Порівняйте вихідний і прийнятий варіанти за однакових умов експлуатації. Висновок має називати вид конструкції, отриманий опір і відповідне мінімальне значення. Якщо в конструкції є включення, остаточне порівняння виконуйте після врахування їхнього впливу за розділом 3.

Межі застосування. Достатній опір не замінює двох інших умов п. 5.1 ДБН В.2.6-31:2021 — температурного перепаду (5) і мінімальної температури в зонах включень (6). Формула (2.2) стосується термічно однорідної частини.

Завдання. Для стіни свого варіанта (розділ 16) визначте R_{Σ} без утеплювача. Потім збільшуйте товщину утеплювача кроком 10 мм і знайдіть мінімальну товщину, за якої виконується умова (4). Один доданок формули (2.2) перевірте вручну.

Контрольні питання. Від чого залежить $R_{q \min}$? Чому λ_i того самого матеріалу різна для умов А і Б? Який внесок опорів поверхонь у R_{Σ} ?

Конструкція з каталогу CadEE

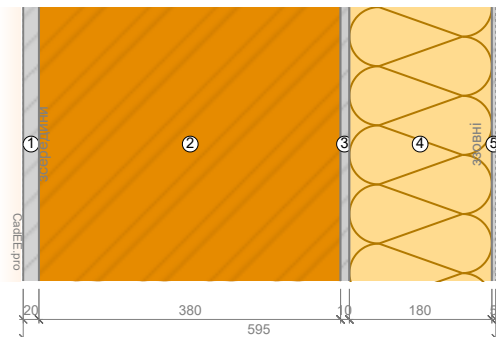
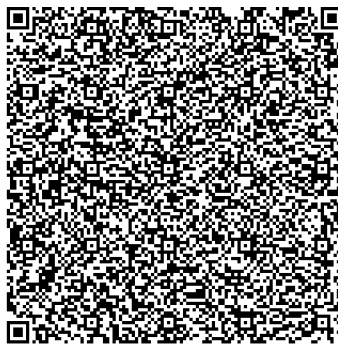


Рис. 2. Цегляна стіна з мінеральною ватою. Рисунок із каталогу CadEE.pro; склад конструкції відкривається за кодом K1.

На рисунку показано цегляну стіну зі стандартного каталогу CadEE. Від приміщення назовні розташовані: складний піщано-вапняно-цементний розчин 20 мм, кладка з повнотілої керамічної цегли 380 мм, цементно-піщаний розчин 10 мм, базальтова мінеральна вата 180 мм та зовнішній розчин 5 мм.

QR-код K1 відкриває збережений склад цієї конструкції. Перевірте порядок і товщину шарів, місто, призначення будівлі та умови експлуатації. У посиланні задано внутрішні умови 20 °C і 55 %, зовнішні — -20 °C і 80 %. Це окремий приклад із каталогу; він не підміняє вихідних даних контрольного прикладу цього розділу.



Розрахунок K1
Цегляна стіна

Після відкриття виконайте розрахунок і зіставте опори окремих шарів. Поясніть, чому внесок товстого шару кладки може бути меншим за внесок теплоізоляції, та перевірте, які теплопровідні включення враховано в моделі.

3. Приведений опір і теплопровідні включення

Фізичний зміст показника. Каркас, ребра, перемички та кріплення проводять тепло краще за утеплювач і створюють теплові мости. Приведений опір $R_{\Sigma\text{пр}}$ — це опір усієї конструкції з урахуванням додаткових тепловтрат через такі включення. Саме його порівнюють з $R_{q\text{ min}}$.

Чому недостатньо розрахунку основного поля. Утеплювач, який на схемі має однакову товщину, у реальній конструкції може перериватися елементами каркаса або кріпленнями. У цих місцях тепло проходить іншим шляхом. Отже, результат для однорідної ділянки характеризує лише частину огороження, а приведений показник враховує конструкцію в цілому в межах прийнятої моделі.



Відео A12
Включення у стіні
Вихід: 21.10.2026

Під час підготовки даних розрізняйте розмір одного включення та частоту його повторення. Однакові ребра з різним кроком дають різну сумарну довжину включень на одиницю площі. Саме тому ширину й крок потрібно задавати окремо та перевіряти за ескізом, а не підбирати за бажаним результатом.

Нормативні вимоги. Умова (4) ДБН В.2.6-31:2021 (розділ 2) стосується саме приведенного опору. Розрахунок — за формулою 1 ДСТУ 9191:2022. Лінійні та точкові коефіцієнти теплопередачі визначають розрахунком двовимірних і тривимірних температурних полів за стандартами, на які посилається п. 5.2 ДСТУ 9191:2022; для поширених вузлів їх наведено в додатках Г і Д ДСТУ 9191:2022.

Як обчислюють.

За п. 5.1, формулою (1) ДСТУ 9191:2022 враховують площинні, лінійні й точкові складові теплопередачі:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_i \frac{A_i}{R_{\Sigma,i}} + \sum_k \Psi_k l_k + \sum_j \chi_j N_j} \quad (3.1)$$

де A_{Σ} — загальна площа конструкції, м²; A_i , $R_{\Sigma,i}$ — площа та опір теплопередачі i -ї однорідної частини; Ψ_k , l_k — лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), і довжина, м, лінійних включень виду k ; χ_j , N_j — точковий коефіцієнт теплопередачі, Вт/К, і кількість точкових включень виду j . Рівність $R_{\Sigma\text{пр}} = R_{\Sigma}$

справедлива для однорідної конструкції без включень. За наявності кількох однорідних частин із різними опорами навіть без включень потрібне усереднення за площами.

Питома довжина ребер

Для однорідної стіни з одним видом лінійних включень на 1 м^2 ($A_\Sigma = 1 \text{ м}^2$) формула (3.1) набуває вигляду:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{1}{1/R_\Sigma + \Psi l} \quad (3.2)$$

де l — довжина включень на 1 м^2 стіни, $\text{м}/\text{м}^2$. Для паралельних ребер з кроком p на 1 м^2 припадає $1/p$ метрів ребер, і кожне ребро має свій лінійний коефіцієнт Ψ_p .

Калькулятор буде автоматичний вузол «Стіна з термовключеннями» як смугу стіни шириною $b_M = 2p$ з двома ребрами (рис. 3). Межі смуги проходять посередині між ребрами й не пропускають тепла. Коефіцієнт Ψ_M розраховують для всієї смуги, тобто для обох ребер разом:

$$L_{2D} = \frac{\Phi l}{\theta_{\text{int}} - \theta_e}, \quad \Psi_M = L_{2D} - U b_M \quad (3.3)$$

де $U = 1/R_\Sigma$ для тих самих граничних умов моделі. Тому в формулу (3.2) калькулятор підставляє Ψ_M і питому довжину $l = 1/b_M$:

$$\Psi_M \cdot \frac{1}{b_M} = 2\Psi_p \cdot \frac{1}{2p} = \Psi_p \cdot \frac{1}{p} \quad (3.4)$$

Обидва записи дають той самий внесок у знаменник (3.2). Для $p = 0,6 \text{ м}$: $l = 1/1,2 = 0,833 \text{ м}/\text{м}^2$ з Ψ_M , або $1/p = 1,667 \text{ м}/\text{м}^2$ з $\Psi_p = \Psi_M/2$. Отже, число $0,833 \text{ м}/\text{м}^2$ у звіті — не помилка: воно відповідає коефіцієнту на два ребра.

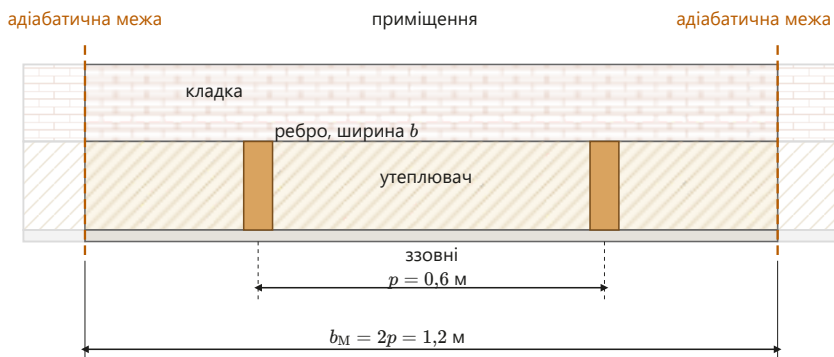


Рис. 3. Розрахункова модель автоматичного вузла теплопровідних включень (горизонтальний переріз стіни, не в масштабі)

Що показує. Модель — смуга стіни шириною $b_M = 2p$ з двома ребрами; її межі проходять посередині між ребрами й не пропускають тепла. Коефіцієнт Ψ_M належить усьому смугі, тобто двом ребрам.

Послідовність роботи в CadEE.pro.

1. У рядку шару, де є включення, натисніть кнопку в стовпці «b, мм».
2. У доданому рядку оберіть матеріал включення, задайте ширину b і крок p (поле «s, мм»).
3. Калькулятор сам будує вузол «Стіна з термовключеннями», розраховує його методом скінченних елементів і підставляє Ψ_M у формулу (3.2). Усереднення теплопровідності шару не застосовується.
4. Звіт DOCX містить таблицю включень ($l = 1/b_M$, Ψ_M), формулу 1 з підстановкою і додаток з розрахунком вузла та температурним полем.

Око в рядку включення тимчасово вимикає лише включення — зручно для порівняння.

За п. 5.1 ДСТУ 9191:2022 площу A_Σ визначають за внутрішніми розмірами з урахуванням укосів і вилученням прорізів; площі однорідних частин A_i не включають укоси й контактні ділянки інших включень. Схему площ слід подати окремо.

За п. 5.5 ДСТУ 9191:2022 під час вибору теплоізоляції враховують включення, властиві типу конструкції, зокрема кріплення, зв'язки, шви та укоси. Вузли сполучення конструкцій будівлі враховують у її енергетичному балансі відповідно до прийнятої схеми. Складіть перелік внесків: що вже входить у приведений опір і що додається окремо як лінійний або точковий коефіцієнт.

Навчальний приклад на заданих результатах. Стіна у Львові (зона I), $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$, $\theta_e = -22^\circ\text{C}$:

- шари: розчин вапняно-піщаний 20 мм; кладка цегляна (повнотіла) керамічна на цементно-піщаному розчині 380 мм; мінеральна вата 150 мм; розчин цементно-піщаний 10 мм;
- $R_\Sigma = 3,663 \text{ м}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$;
- каркас із сосни (поперек волокон) в утеплювачі: $b = 50 \text{ мм}$, $p = 600 \text{ мм}$, отже $b_M = 1,2 \text{ м}$.

Вузол (звіт, додаток 1):

$$L_{2D} = \frac{15,986}{20 - (-22)} = 0,3806 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K}), \quad \Psi_M = 0,3806 - 0,2721 \cdot 1,2 = 0,0541 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$$

Це арифметична перевірка заданих результатів моделі, а не новий МСЕ-розрахунок. Значення $U = 0,2721 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ отримано для граничних умов ISO 6946:2017. Його не можна змішувати з $1/R_\Sigma = 0,2730$, обчисленим для іншого набору поверхневих опорів. Узгоджене післяоброблення наведених округлених даних дає:

$$R_{\text{model}} = \frac{1}{0,2721 + 0,0541/1,2} \approx 3,153 \text{ м}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$$

Це опір за умовами заданої моделі. Для нормативного висновку за ДБН В.2.6-31:2021 потрібно виконати модель вузла й однорідного поля з однаковими, прийнятими для цієї перевірки граничними умовами.

Аналіз результату. Порівняйте опір однорідного поля з приведеним опором і поясніть причину відмінності. Далі змініть лише крок або лише ширину включень і простежте, як змінюється результат. У висновку зазначте, які саме включення враховано; це допоможе уникнути повторного додавання тих самих тепловтрат у подальшому розрахунку будівлі.

Межі застосування. Вбудований розрахунок охоплює лінійні включення в шарі. Точкових коефіцієнтів χ_j двовимірний розрахунок не визначає. Вузли стику стіни з перекриттям, балконом чи кутом рахують у розділі 13.

Завдання. Додайте в утеплювач свого варіанта дерев'яний каркас $b = 50 \text{ мм}$ із кроком $p = 400, 600$ і 900 мм . Побудуйте залежність $R_{\Sigma\text{np}}(p)$ і перевірте вручну одне значення за формулою (3.2), вказавши, яку питому довжину ви підставили і чому.

Контрольні питання. Чим Ψ_k відрізняється від χ_j ? Чому усереднення λ шару з каркасом дає інший результат, ніж розрахунок теплового мосту? Чому питома довжина ребер у звіті дорівнює $1/(2p)$, а не $1/p$?

Каркасна конструкція з каталогу

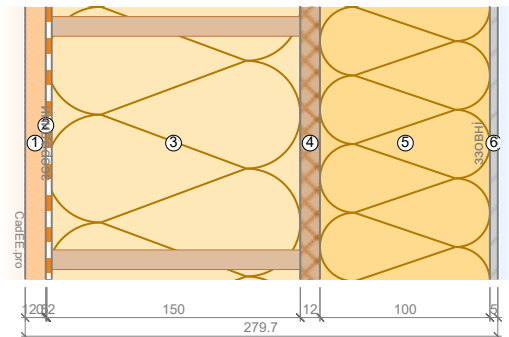
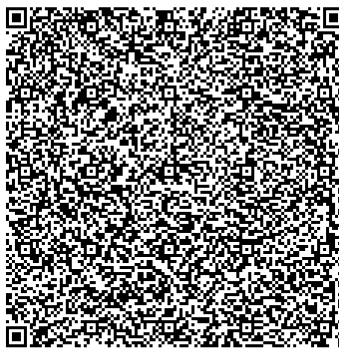


Рис. 4. Каркасна стіна з дерев'яними стояками. Рисунок із каталогу CadEE.pro; параметри включень — за кодом K2.

У каркасній стіні дерев'яні стояки переривають основний шар мінеральної вати. У прикладі CadEE стояк має переріз 50×150 мм, крок — 600 мм; товщина основної теплоізоляції становить 150 мм, зовнішньої суцільної — 100 мм. Інші шари: гіпсокартон 12,5 мм, пароізоляція 0,2 мм, деревностружкова плита 12 мм і розчин 5 мм.

Код K2 відкриває конструкцію з цими шарами й параметрами включення. Порівняйте її з умовною однорідною стіною: заміна дерев'яних стояків утеплювачем дає іншу модель і завищує опір. Для повторення власного завдання окремо задайте клімат та властивості матеріалів.

У звіті поясніть, яку частку площі займають стояки, як ураховано їхню питому довжину та як зовнішній суцільний шар змінює тепловий потік. Результат для цієї стіни не переносьте на вузол стику стіни й перекриття з розділу 13.



Розрахунок K2
Каркасна стіна

4. Температура внутрішньої поверхні

Фізичний зміст показника. Холодна внутрішня поверхня створює дискомфорт через радіаційне охолодження людини і підвищує ризик зволоження. Показник — температурний перепад $\Delta\theta_{\text{int-si}}$ між повітрям приміщення і внутрішньою поверхнею, °C.

Від температури повітря до температури поверхні. Навіть коли повітря в приміщенні має задану температуру, внутрішня поверхня зовнішнього огороження взимку зазвичай холодніша. Різниця виникає тому, що тепло передається від повітря до стіни й далі назовні. У розрахунку основного поля цей перепад пов'язаний із тепловим потоком і тепловіддачею внутрішньої поверхні.

Результат слід читати разом із прийнятими температурами повітря. Одна й та сама конструкція за різних зовнішніх умов матиме різну температуру поверхні. Тому порівнювати два варіанти лише за температурою поверхні можна тоді, коли їхні граничні умови однакові.

Область застосування. Наведений розрахунок температурного перепаду застосовано до однорідного фрагмента. Для неоднорідної конструкції цей розділ не дає завершеної перевірки умови (5): потрібне окреме нормативно обґрунтоване визначення приведеної температури всієї конструкції.

Нормативні вимоги. Умова (5) п. 5.1 ДБН В.2.6-31:2021, допустимий перепад — за табл. 3 ДБН В.2.6-31:2021. Умова обов'язкова для зовнішніх конструкцій і для внутрішніх, що розділяють приміщення з різницею температур повітря 4 °C і більше.

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} \leq \Delta\theta_{\text{int-si,max}} \quad (4.1)$$

Допустимий перепад включає граничне значення: точна рівність задовольняє умову (5) п. 5.1 ДБН В.2.6-31:2021. Правило про нестрогу нерівність стосується саме цієї перевірки й не змінює знаків інших нормативних умов.

Для житлових будинків, закладів дошкільної освіти, освіти та охорони здоров'я $\Delta\theta_{\text{int-si,max}} = 4,0$ °C для стін, 3,0 °C для покриттів і перекриттів неопалюваних горищ, 2,0 °C для перекриттів над зовнішнім повітрям, неопалюваними підвалами та підлог на ґрунті. Для інших призначень значення наведено в табл. 3 ДБН В.2.6-31:2021.



Відео В2
Температура поверхні
Вихід: 13.10.2026

Як обчислюють. Температура в площині x однорідного фрагмента (формула (5) ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013) і перепад на внутрішній поверхні ($x = 0$):

$$\theta(x) = \theta_{\text{int}} - \frac{\theta_{\text{int}} - \theta_e}{R_{\Sigma}} \left(\frac{1}{h_{\text{si}}} + R(x) \right), \quad \Delta\theta_{\text{int-si}} = \theta_{\text{int}} - \theta(0) = \frac{\theta_{\text{int}} - \theta_e}{h_{\text{si}} R_{\Sigma}} \quad (4.2)$$

де θ_{int} — температура внутрішнього повітря за табл. Б.2 ДБН В.2.6-31:2021; θ_e — розрахункова температура зовнішнього повітря за табл. Б.4 ДБН В.2.6-31:2021; R_{Σ} — опір теплопередачі (розділ 2); $R(x)$ — термічний опір шарів від внутрішньої поверхні до площини x . Температура поверхні $\theta_{\text{si}} = \theta(0)$. Умова (4.1) рівнозначна вимозі до опору:

$$R_{\Sigma} \geq \frac{\theta_{\text{int}} - \theta_e}{h_{\text{si}} \Delta\theta_{\text{int-si,max}}} \quad (4.3)$$

У нормативній умові (5) використовують **приведену температуру внутрішньої поверхні** конструкції. Для однорідного фрагмента вона збігається з температурою його поверхні, тому наведене одновимірне обчислення придатне для цього випадку. За теплотехнічної неоднорідності потрібно визначати приведену температуру для всієї розглянутої конструкції; локальний мінімум у зоні включення перевіряють окремо за умовою (6).

Алгоритм — спільний з розділом 5 (рис. 5).

Послідовність роботи в CadEE.pro.

1. Відкрийте окремий розрахунок «Температура внутрішньої поверхні».
2. На картці прочитайте $\Delta\theta_{\text{int-si}}$ і MAX ($\Delta\theta_{\text{int-si,max}}$).
3. Під конструкцією розгляньте графік $\theta(x)$ по товщині: найбільше падіння — в утеплювачі.
4. Вимкніть утеплювач кнопкою з піктограмою видимості і зафіксуйте зміну.
5. Звіт містить опір конструкції, температуру на межі кожного шару, графік і висновок за умовою (5).

Контрольний приклад. Стіна з табл. 2.3 ($R_{\Sigma} = 4,267 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$), Київ, $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\theta_e = -22 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $h_{\text{si}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$:

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} = \frac{20 - (-22)}{8,7 \cdot 4,267} = 1,13 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq 4,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Отже, $\theta_{\text{si}} = 18,87 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Без утеплювача ($R_{\Sigma} = 0,667 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$) перепад становить $7,24 \text{ }^{\circ}\text{C}$, поверхня охолоджується до $\theta_{\text{si}} = 12,76 \text{ }^{\circ}\text{C}$, вимогу не виконано.

Аналіз результату. У висновку наведіть температуру поверхні та перепад між нею і внутрішнім повітрям. Поясніть, до якої ділянки належить результат: до основного поля чи до локального вузла. Успішна перевірка однорідної ділянки не дає числової температури кута або укосу; для цього потрібна відповідна модель вузла.

Межі застосування. Формули стосуються однорідного основного поля.

Температуру в кутах, укосах і біля включень перевіряють за умовою (6) ДБН В.2.6-31:2021 двовимірним розрахунком вузла (розділ 13). Для утеплених стін умова (5) виконується легко. Для перекриття над проїздом ($h_{si} = 5,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\Delta\theta_{\text{int-si,max}} = 2,0 \text{ }^\circ\text{C}$) за формулою (4.3) потрібно $R_{\Sigma} \geq 42/(5,9 \cdot 2,0) = 3,56 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Завдання. Для своєї стіни визначте $\Delta\theta_{\text{int-si}}$ з утеплювачем і без нього. Порахуйте за формулою (4.3) мінімальний R_{Σ} , за якого виконується умова (5), і порівняйте його з $R_{q \text{ min}}$.

Контрольні питання. Чому для підлог допустимий перепад менший, ніж для стін? Чому достатній перепад в основному полі не гарантує теплої поверхні в куті?

5. Температура точки роси

Фізичний зміст показника. Точка роси θ_D — температура, до якої потрібно охолодити повітря за незмінного вмісту водяної пари, щоб пара стала насиченою. Якщо внутрішня поверхня холодніша за θ_D , на ній конденсується волога, а в кутах підвищується ризик зволоження та розвитку плісняви.

Як пов'язані вологість і точка роси. Точка роси характеризує стан повітря, а температура поверхні — стан конструкції за заданих умов. Ці величини отримують із різних вихідних даних і лише потім порівнюють. За незмінної температури повітря збільшення його відносної вологості підвищує точку роси: до насичення залишається менший температурний інтервал.

Під час дослідів окремо простежте вплив вологості на точку роси та вплив конструкції на температуру поверхні. Якщо зміна вологості одночасно змінює визначені програмою умови експлуатації матеріалів, перевірте й використані значення теплопровідності. Це пояснює, чому порівняння результатів потребує перегляду вихідних даних, а не лише двох чисел на картці.

Нормативні вимоги. Дві вимоги ДБН В.2.6-31:2021 діють разом:



Відео В3
Точка роси
Вихід: 14.10.2026

- п. 5.5.1: мінімально допустима температура поверхні в зонах теплопровідних включень, у кутах і укосах прорізів має бути **не менше** ніж температура точки роси, тобто $\theta_{si,min} \geq \theta_D$;
- умова (6) п. 5.1: фактична мінімальна температура поверхні в цих зонах **більша** за мінімально допустиму: $\theta_{tb,si,min} > \theta_{si,min}$.

У найменш сприятливому допустимому випадку $\theta_{si,min} = \theta_D$. Тоді вимога до фактичної температури набуває вигляду:

$$\theta_{tb,si,min} > \theta_D \tag{5.1}$$

Калькулятор застосовує ту саму строгу умову до однорідного поля: порівнює θ_{si} з θ_D , і рівність $\theta_{si} = \theta_D$ вважає невиконанням. Знак $>$ впливає з умови (6), а не із запасу, доданого калькулятором.

Як обчислюють. Точка роси залежить лише від умов приміщення. Калькулятор обчислює її за наближенням Магнуса ($a = 17,27$, $b = 237,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Це формула моделі, а не нормативна формула:

$$\Gamma = \frac{a \theta_{int}}{b + \theta_{int}} + \ln \frac{\varphi_{int}}{100}, \quad \theta_D = \frac{b \Gamma}{a - \Gamma} \tag{5.2}$$

де θ_{int} , $^{\circ}\text{C}$, і φ_{int} , %, — температура та відносна вологість повітря приміщення. Температуру поверхні θ_{si} визначають за формулою (4.2). Кількісну похибку цього наближення тут не встановлено. Формула потребує $0 < \varphi_{int} \leq 100\text{ }%$; за нульової вологості логарифм не визначений. Поблизу граничної температури потрібне зіставлення з нормативним способом визначення точки роси; наведена таблиця перевіряє лише арифметику формули.

Таблиця 5.1. Температура точки роси θ_D , $^{\circ}\text{C}$, за формулою (5.2)

θ_{int}	$\varphi_{int} = 40\text{ }%$	50 %	55 %	60 %	70 %
18 $^{\circ}\text{C}$	4,2	7,4	8,8	10,1	12,4
20 $^{\circ}\text{C}$	6,0	9,3	10,7	12,0	14,4
22 $^{\circ}\text{C}$	7,8	11,1	12,5	13,9	16,3

Алгоритм (розділи 4 і 5).

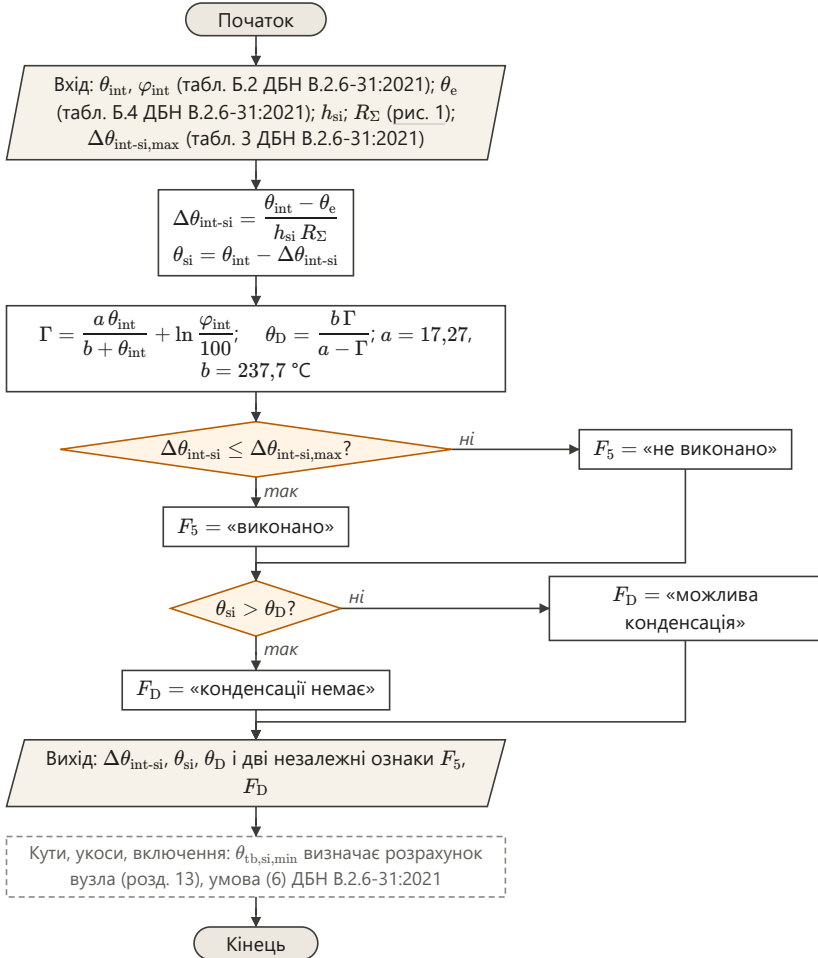


Рис. 5. Алгоритм перевірки внутрішньої поверхні однорідного поля (розділи 4 і 5)

Одиниці. температури і перепади — °C; h_{si} — Вт/(м²·K); R_{Σ} — м²·K/Вт; φ_{int} — %.

Межі. обидві перевірки виконуються завжди, невиконання першої не скасовує другої. Знак > у другій перевірці пояснено в розділі 5.

Послідовність роботи в CadEE.pro.

1. Відкрийте окремий розрахунок «Температура точки роси».
2. Картка показує θ_D і θ_{si} основного поля.
3. Змініть вологість у рядку «В середині», щоб побачити, як зростає θ_D .

4. Звіт містить температури на межах шарів, графік, формулу точки роси і порівняння θ_{si} з θ_D .

Контрольний приклад. Стіна з табл. 2.3, Київ, $\theta_{int} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{int} = 55\text{ \%}$:

$$\Gamma = \frac{17,27 \cdot 20}{237,7 + 20} + \ln 0,55 \approx 0,74248, \quad \theta_D = \frac{237,7\Gamma}{17,27 - \Gamma} \approx 10,68\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$\theta_{si} = 18,87\text{ }^{\circ}\text{C} > \theta_D$, поверхня на $8,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ тепліша за точку роси. За вологості $70\text{ \%}$ $\theta_D = 14,36\text{ }^{\circ}\text{C}$; без утеплювача $\theta_{si} = 12,76\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta_D$, тож утворюватиметься конденсат.

Аналіз результату. Запишіть обидві порівнювані температури й умови, за яких їх отримано. Не описуйте точку роси як незмінне місце всередині стіни: у цьому розділі вона є температурою. Питання про можливу конденсацію в товщі конструкції досліджують окремо за розділом 7.

Межі застосування. Окремий розрахунок перевіряє основне поле (однорідний фрагмент). Кути, укуси та теплові включення холодніші — їх мінімальну температуру $\theta_{tb,si,min}$ дає розрахунок вузла (розділ 13). Конденсацію в товщі конструкції ця перевірка не оцінює (розділ 7).

Завдання. Для своєї стіни побудуйте графік $\theta_D(\varphi_{int})$ для $\varphi_{int} = 50\ldots 75\text{ \%}$ і визначте вологість, за якої точка роси зрівняється з θ_{si} без утеплювача. Одне значення θ_D перевірте вручну.

Контрольні питання. Від чого залежить θ_D , а від чого — θ_{si} ? Чому тепла поверхня основного поля не гарантує відсутності конденсату в кутах? Чому в умові (5.1) нерівність строга?

6. Опір паропроникненню

Фізичний зміст показника. Опір паропроникненню $R_{e\Sigma}$ показує, наскільки конструкція затримує водяну пару, що дифундує з приміщення назовні. Одиниця — $\text{м}^2\cdot\text{год}\cdot\text{Па}/\text{мг}$. Важлива не лише сума, а й розподіл опору по товщі: шари з великим опором паропроникненню з теплового боку зменшують приплив пари до холодної частини стіни.

Як тлумачити опір руху пари. У розрахунку дифузії рушійною причиною є різниця парціальних тисків водяної пари. Опір шару залежить від його товщини та паропроникності матеріалу. Для порівняння шарів обчисліть їхні окремі опори: тонкий шар із малою паропроникністю може істотно впливати на загальний результат.

Сума опорів не показує, в якій частині конструкції зосереджено основну перешкоду для руху пари.

Перестановка тих самих шарів може зберегти сумарний опір, але змінити співвідношення температури й тиску пари в їхній товщі. Тому схему шарів потрібно зберігати разом із числовим результатом.

Нормативні вимоги. Власного мінімуму $R_{e\Sigma}$ ДБН В.2.6-31:2021 не встановлює. Величину визначають за формулами (3), (4) ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. Вона є вихідною для розрахунку тепловологісного стану (розділ 7), а її значення наводять у розділі «Енергоефективність» проєкту (п. 7.2 ДБН В.2.6-31:2021).

Як обчислюють.

$$R_{e,i} = \frac{d_i}{\mu_i}, \quad R_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^N R_{e,i}, \quad R_e(x_i) = \sum_{q=1}^i R_{e,q} \quad (6.1)$$

де d_i — товщина шару, м; μ_i — коефіцієнт паропроникності матеріалу за табл. А.1 ДСТУ 9191:2022, мг/(м·год·Па); $R_e(x_i)$ — накопичений опір від внутрішньої поверхні до межі після шару i ($R_e(x_0) = 0$, $R_e(x_N) = R_{e\Sigma}$). Для площини x усередині шару i до суми повних шарів $1, \dots, i-1$ додають $(x - x_{i-1})/\mu_i$ (формула (4) ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013). У координатах $R_e(x)$ лінія парціального тиску пари пряма.



Відео В5
Опір
паропроникненню
Вихід: 16.10.2026

Алгоритм.

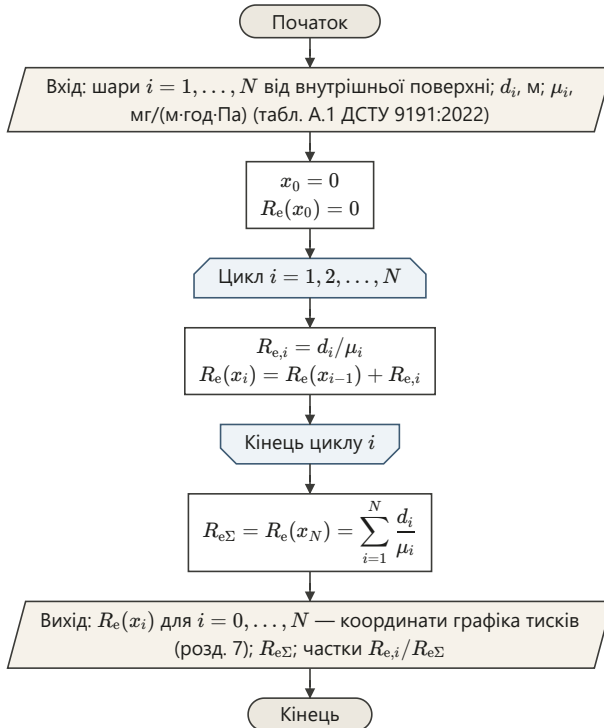


Рис. 6. Алгоритм розрахунку опору паропроникненню

Одиниці. $R_{e,i}$, R_e , $R_{eΣ}$ — м²·год·Па/мг. Коефіцієнт $μ_i$ має розмірність; це не безрозмірний фактор опору дифузії.

Межі. норми для $R_{eΣ}$ немає; величина є вхідною для розд. 7.

Послідовність роботи в CadEE.pro.

1. Відкрийте окремий розрахунок «Опір паропроникненню».
2. У таблиці шарів стовпець «μ» показує $μ_i$ кожного матеріалу.
3. Картка показує $R_{eΣ}$ без норми (без MIN і MAX).
4. Звіт наводить опір до кожної межі шарів, таблицю характеристик і підсумкову формулу.

Контрольний приклад. Стіна з табл. 2.3; $μ_i = 0,098; 0,11; 0,09; 0,38; 0,09$ мг/(м·год·Па):

$$R_{eΣ} = \frac{0,02}{0,098} + \frac{0,38}{0,11} + \frac{0,01}{0,09} + \frac{0,18}{0,38} + \frac{0,005}{0,09} = 0,204 + 3,455 + 0,111 + 0,474 + 0,056 = 4,30$$

Цегляна кладка дає 80 % опору, мінеральна вата — 11 %: основний опір паропроникненню зосереджений з теплого боку утеплювача.

Аналіз результату. Позначте шар із найбільшим опором паропроникненню та поясніть його положення в конструкції. Не формулюйте висновок «чим більший опір, тим краща стіна»: придатність рішення щодо вологи встановлюють за відповідною перевіркою тепловологісного стану.

Межі застосування. Саме $R_{e\Sigma}$ не показує, чи накопичуватиметься волога. Щільний для пари зовнішній шар підвищує ризик накопичення, але чи буде конденсація насправді, показує помісячний розрахунок (розділ 7).

Завдання. Визначте внесок кожного шару своєї стіни в $R_{e\Sigma}$, %. Побудуйте вручну графік $R_e(x_i)$ від внутрішньої поверхні до зовнішньої.

Контрольні питання. Чому тонкий шар може мати більший опір паропроникненню, ніж товстий утеплювач? Де доцільно розмішувати пароізоляцію в каркасній стіні?

7. Тепловологісний стан

Припущення моделі. Дифузійна модель не охоплює дощове зволоження, капілярне перенесення, конвективне перенесення вологи через нещільності та довільну початкову будівельну вологу. Виконання її критеріїв не усуває всіх можливих причин зволоження.

Фізичний зміст показника. Водяна пара з приміщення дифундує крізь стіну назовні. У холодних шарах тиск насиченої пари падає, і за певних умов пара конденсується в товщі конструкції. Розрахунок тепловологісного стану визначає:

- де і в які місяці пара конденсується;
- скільки вологи накопичується;
- чи встигає волога висохнути за рік.

Невелика сезонна конденсація не є дефектом, якщо виконано обидві умови норми.



Відео В4
Вологісний стан
Вихід: 15.10.2026

Навіщо потрібний помісячний розгляд. Температура й вологість зовнішнього повітря змінюються протягом року, тому умови зволоження конструкції також не залишаються сталими. В одному періоді волога може накопичуватися, а в іншому — випаровуватися. Окремий несприятливий місяць і річний баланс відповідають на різні запитання, тому їх слід аналізувати разом.

Читаючи графіки, спочатку знайдіть межі шарів і напрям від приміщення назовні. Далі зіставте розподіл температур із розподілом тисків пари та визначте, до якої частини конструкції належить показана зона конденсації. Це дає фізичне пояснення результату й допомагає обґрунтувати зміну складу або порядку шарів.

Нормативні вимоги. Умови (1) і (2) ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 (пп. 4.2.1, 4.2.2):

$$\Delta w \leq \Delta w_d, \quad W_{\text{зп}} \leq W_{\text{лп}} \tag{7.1}$$

де Δw — збільшення вологості матеріалу в шарі, де відбувається конденсація, за холодний період, % за масою; Δw_d — допустиме збільшення за табл. 5 ДБН В.2.6-31:2021; $W_{\text{зп}}$ — волога, що сконденсувалася за період вологонакопичення, кг/м²; $W_{\text{лп}}$ — волога, що випаровується за період вологовіддачі, кг/м². За приміткою до табл. 5 ДБН В.2.6-31:2021 вологісний стан дозволяється не перевіряти для плоских вентиляованих покриттів, перекриттів неопалюваних горіщ і технічних поверхів, а також для стін фасадної теплоізоляції з вентиляованим повітряним прошарком.

Таблиця 7.1. Допустиме збільшення вологості Δw_d (за табл. 5 ДБН В.2.6-31:2021)

Матеріал	Δw_d , %
Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати; вироби з кремнезиту	2,5
Вироби зі спіненого та екструдованого пінополістиролу; перлітові	2,0
Вироби з жорсткого пінополіуретану; засипки з керамзиту, шунгізиту	3,0
Ніздрюваті та легкі бетони	1,2
Мурування з керамічних виробів; піноскло	1,5
Мурування з силікатних виробів; важкий бетон, цементно-піщаний розчин	2,0
Плити з природних органічних і неорганічних матеріалів	7,0

Як обчислюють. Розрахунок виконують для кожного місяця $m = 1, \dots, 12$ за середньомісячними $\theta_{e,m}$ і $\varphi_{e,m}$ (пп. 4.2.4.3, 4.2.4.4 ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013):

- 1. Температури в товщі.** $\theta(x, m)$ — за формулою (4.2) з $\theta_{e,m}$ замість θ_e , на межах шарів і всередині шарів.

2. **Тиск насиченої пари.** $E(x, m) = E(\theta(x, m))$ за табл. Б.1 ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013: найбільший тиск пари, можливий при цій температурі.

3. **Парціальні тиски з боків.**

$$e_{\text{int}} = \frac{\varphi_{\text{int}}}{100} E(\theta_{\text{int}}), \quad e_{e,m} = \frac{\varphi_{e,m}}{100} E(\theta_{e,m}) \quad (7.2)$$

4. **Графік тисків.** У координатах $R_e(x)$ (формула (6.1)) будують криву E і пряму e від e_{int} до $e_{e,m}$. Якщо пряма скрізь нижча за криву, конденсації в місяці немає (п. 4.2.5 ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013).

5. **Площини (зони) конденсації.** Якщо пряма перетинає криву, фактичний тиск не може перевищити E . У площині конденсації k тиск дорівнює E_k , а лінія тиску складається з відрізків між точками $p_0 = e_{\text{int}}, p_1 = E_1, \dots, p_K = E_K, p_{K+1} = e_{e,m}$. Таких площин (або зон) у місяці може бути кілька: $k = 1, \dots, K_m$. Їхнє положення визначають за графіком тисків, і воно може змінюватися від місяця до місяця. У типовій стіні площа лежить на межі утеплювача і зовнішнього шару з більшим опором паропроникненню.

6. **Потоки і волога за місяць** для площини k :

$$j_{\text{in},k} = \frac{p_{k-1} - p_k}{R_e(x_k) - R_e(x_{k-1})}, \quad j_{\text{out},k} = \frac{p_k - p_{k+1}}{R_e(x_{k+1}) - R_e(x_k)} \quad (7.3)$$

$$B_{k,m} = 10^{-6} \tau_m (j_{\text{in},k} - j_{\text{out},k}) \quad (7.4)$$

де τ_m — тривалість місяця, год (744, 720 або 672); множник 10^{-6} переводить мг у кг. Додатний баланс $B_{k,m}$ описує накопичення; від'ємний — розрахункову можливість випаровування за прийнятих потоків. Фактичне видалення обмежене наявною водою.

7. **Фактичний запас і випаровування.** Для навчального обліку в одній незмінній зоні вводять окремі величини:

$$V_{k,m} = \min(S_{k,m-1}; \max(0; -B_{k,m})), \quad S_{k,m} = \max(0; S_{k,m-1} + B_{k,m}) \quad (7.5)$$

Тут $V_{k,m}$ — фактично видалена вода, а $S_{k,m}$ — невід'ємний залишок на кінець місяця, кг/м². Ці тотожності пояснюють масовий облік за заданим балансом, але не замінюють перебудови потоків у момент висихання за ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013.

8. **Область навчальної схеми.** Нижче розглянуто один неперервний сезон накопичення і фіксовану зону з початковим запасом нуль. Перехід грудень–січень допускається. Конденсація протягом усіх дванадцяти місяців, кілька розділених сезонів та зміна розташування зон потребують повного алгоритму

стандарту й не покриваються цією схемою. Номер k не переносить автоматично воду між різними матеріальними зонами. Якщо після річного обходу залишок додатний, річного висихання не досягнуто; залишок не обнуляють.

Нормативне $W_{\text{нп}}$ залишено лише в умові (7.1): його визначають за процедурою вологовіддачі ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. Для навчального підсумку можливості випаровування використовують інший символ $W_{\text{пот}}$; сума фактичного випаровування — $\sum_m V_{k,m}$. Ці три записи не ототожнюють.

9. **Приріст вологості** зволоженого шару товщиною d_w , м, і густиною ρ_w , кг/м³:

$$\Delta w = \frac{W_{\text{нп}} \cdot 100}{d_w \rho_w} \quad (7.6)$$

За п. 4.2.11, формулою (8), та п. 4.3.9 ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 у знаменнику беруть **повну товщину матеріального шару**, який зволожується, і його густина. Коли конденсація відбувається на межі двох шарів, для цієї перевірки беруть шар із внутрішнього боку межі. Геометричну ширину зони конденсації не підставляють замість товщини матеріалу.

Кілька зон і подальше висихання. Для багатошарової конструкції застосовують п. 4.3 і таблицю 3 ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. У координатах опору паропроникненню будують допустиму ламану тиску, яка торкається лінії насичення. Конденсація може відбуватися в площині, у шарі або в кількох відокремлених зонах. Для кожної зони визначають вхідний і вихідний потоки; потік між двома зонами одночасно є виходом з однієї та входом до іншої. Формули (7.3) і (7.4) безпосередньо описують площини; для зони-шару потрібно врахувати тиски на обох її межах за відповідною схемою таблиці 3.

Вологовіддачу починають з першого місяця після періоду накопичення. Вологі зони зберігають у моделі, доки в них залишається запас. Для випаровування з шару розрахункову площину приймають посередині цього шару з відповідною середньою температурою. Баланс ведуть окремо для кожної зони: висихання однієї не означає висихання всіх. Після вичерпання її запасу продовжують розрахунок інших вологих зон за пп. 4.3.10–4.3.16. Від'ємний запас вологи фізично не допускається. Оглядова блок-схема нижче показує послідовність роботи, а вибір конкретної схеми потоків визначає таблиця 3 стандарту.

Після цього перевіряють обидві умови (7.1), кожену окремо.

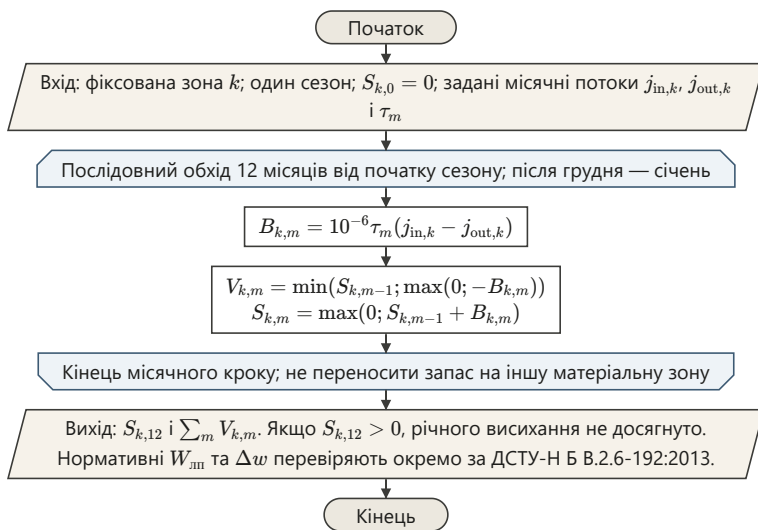


Рис. 7. Навчальний облік води: одна фіксована зона і один сезон накопичення

Одиниці. B, V, S — кг/м^2 ; j — $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; τ_m — год.

Межі. Для заданих потоків це схема масового обліку. Вона не визначає положення зон, не перебудовує потоки після висихання і не охоплює кілька сезонів або конденсацію весь рік.

Послідовність роботи в CadEE.pro.

1. Відкрийте окремий розрахунок «Тепловологісний стан».
2. На перемикачі місяців краплею позначено місяці конденсації, сонцем — випаровування; синя лінія на розрізі — площа конденсації.
3. Дві картки результатів: Δw утеплювача ($\text{MAX} = \Delta w_d$) і річний баланс $W_{зп}$ ($\text{MAX} = W_{зп}$).
4. Звіт розписує кожен місяць з графіками тисків пари.
5. Перша вкладка перемикача місяців — дослідницький режим із заданими температурою й вологістю та накопиченням за 744 години. Це не нормативна перевірка.

Навчальний приклад на заданих результатах. Повного набору вихідних даних для незалежного повторення тут немає; наведені числа не є еталоном перевірки програми. Житловий будинок, Київ, $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$, $\varphi_{\text{int}} = 55\%$. Стіна:

- кладка цегляна (повнотіла) керамічна на цементно-піщаному розчині, 250 мм;
- мінеральна вата, $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$, 120 мм;
- та сама кладка, 125 мм.

Площина конденсації лежить між мінеральною ватою і зовнішньою кладкою. Волога накопичується з листопада по березень, а розрахункова можливість випаровування за квітень–травень становить $W_{\text{пот}} = 0,85 \text{ кг/м}^2$.

Значення $0,85 \text{ кг/м}^2$ тут позначає потенційну вологовіддачу, а не фактично видалену масу за відсутності вологи. За початкового накопичення $0,451 \text{ кг/м}^2$ фактичне випаровування не перевищує $0,451 \text{ кг/м}^2$. Фізичний залишок S_k обмежують нулем; від'ємний розрахунковий баланс означає вичерпання запасу, а не від'ємну масу води.

Картка показує $W_{\text{зп}} = 0,45 \text{ кг/м}^2$ (округлено до 0,01). Порівняння з потенційними $0,85 \text{ кг/м}^2$ саме по собі не підтверджує нормативної умови (2): для цього потрібен повний місячний розрахунок вологовіддачі. Зволожуваний шар — вата: $d_w = 0,12 \text{ м}$, $\rho_w = 100 \text{ кг/м}^3$:

$$\Delta w = \frac{0,451 \cdot 100}{0,12 \cdot 100} = 3,76 \% > \Delta w_d = 2,5 \%$$

Умову (1) не виконано. Калькулятор рахує Δw з неокругленого $W_{\text{зп}} \approx 0,451 \text{ кг/м}^2$; підстановка округленого $0,45$ дає $3,75 \%$. Для вати 150 кг/м^3 : $W_{\text{зп}} \approx 0,42 \text{ кг/м}^2$; за цим округленим числом $\Delta w \approx 2,33 \%$. Наведене раніше значення $2,32 \%$ потребувало б неокругленої маси $0,4176 \text{ кг/м}^2$, якої вихідний протокол тут не підтверджує. Річний висновок за цими числами не відновлюють. Тут одночасно змінено густину матеріалу й отриману кількість конденсату; зменшення приросту вологості не можна пояснити лише зміною маси шару.

Аналіз результату. У підсумку окремо опишіть сезонне накопичення вологи та можливість її видалення за розглянутий рік. Якщо для певного місяця розрахунок недоступний, наведіть повідомлену причину. Неповний набір місячних результатів не дає підстав самостійно приймати відсутні значення за нулі або стверджувати, що річну перевірку виконано.

Межі застосування. Помісячний розрахунок — сезонна оцінка за середніми умовами, а не найгірший морозний день. Якщо зона конденсації доходить до поверхні або припадає на замкнений повітряний прошарок, методика не застосовна. Тоді калькулятор пише «не розраховано»: це не нуль і не позитивний висновок.

Завдання. Для своєї стіни запишіть місяці конденсації, Δw і річний баланс $W_{\text{зп}}$, $W_{\text{лп}}$. Порівняйте два варіанти: утеплювач зовні та утеплювач під зовнішнім шаром із великим опором паропроникненню. У звіті покажіть графік тисків для січня.

Контрольні питання. Які дві умови перевіряють і чому однієї недостатньо? Чому Δw залежить від густини утеплювача? Що означає перетин ліній E і e ? Чому розрахунок вологовіддачі враховує запас вологи з попередніх місяців?

8. Повітропроникність

Фізичний зміст показника. Під дією вітру й різниці температур повітря фільтрується крізь конструкцію. Воно виносить тепло та водяну пару й охолоджує внутрішню поверхню. Показник — повітропроникність конструкції G_k , $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Що саме описує модель фільтрації. Повітропроникність характеризує перенесення повітря під дією перепаду тисків. Її не слід ототожнювати з паропроникністю: дифузія пари та рух повітря є різними процесами й використовують різні характеристики матеріалів. Для ручної перевірки спочатку встановіть перепад тисків, а вже потім визначаєте відповідний потік повітря.

Порівнюючи склади конструкції, звертайте увагу на неперервність шарів, яким у моделі приписано значний опір повітропроникненню. Реальний отвір або незагерметизований стик не описується простим зменшенням товщини такого шару по всій площі.

Нормативні вимоги. П. 5.10 ДБН В.2.6-31:2021 вимагає, щоб повітропроникність зовнішніх огорожень відповідала ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013. Розділ 4, умова (1) ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 встановлює:

$$G_k \leq G_n \quad (8.1)$$

G_n — допустима повітропроникність за табл. 1 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013. Для зовнішніх непрозорих конструкцій житлових і громадських будинків воно становить $0,4 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, для промислових — $0,6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Рівність допустимому значенню задовольняє умову. Ці межі не поширюють на світлопрозорі конструкції та стики: для них таблиця 1 встановлює інші значення, а для стиків — також іншу одиницю, $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{год})$.

Як обчислюють. Для однорідного шару застосовують п. 5.1, формули (2)–(5) ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013; для послідовних шарів — п. 5.2, формулу (6). Спочатку визначають перепад тисків, потім повітропроникність шарів за цього перепаду та результат для всієї конструкції:



Відео В6
Повітропроникність
Вихід: 17.10.2026

$$\gamma(\theta) = \frac{3463}{273 + \theta}, \quad \Delta p = (H - h_{\text{ел}}) (\gamma_e - \gamma_{\text{int}}) + 0,03 \gamma_e v^2 \beta_v \quad (8.2)$$

$$G_{i,\Delta p} = G_{i,\Delta p_0} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{n_i}, \quad G_k = \left(\sum_{i=1}^N \frac{1}{G_{i,\Delta p}} \right)^{-1} \quad (8.3)$$

де γ_e і γ_{int} — питома вага зовнішнього та внутрішнього повітря, Н/м³. Висоту H вимірюють від підлоги першого поверху до верху витяжної шахти, а $h_{\text{ел}}$ — від тієї самої позначки **до середини огорожувальної конструкції** розглядуваного поверху. У стандарті ця висота позначена h_i ; у методичці використано окреме позначення, щоб не змішувати номер поверху з номером шару.

Швидкість v беруть як найбільшу із середніх швидкостей вітру за напрямками за січень, повторюваність яких становить щонайменше 16 %, за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Для фасаду з вентиляльованим повітряним прошарком примітка до п. 5.1 задає 1 м/с. Коефіцієнт β_v з таблиці 2 залежить **і від висоти будівлі, і від типу місцевості**; між табличними висотами застосовують лінійну інтерполяцію. Наприклад, для місцевості С на висотах 20 і 40 м він дорівнює 0,55 та 0,80 відповідно.



Відео А7
Кліматичні дані
Вихід: 17.10.2026

Характеристику $G_{i,\Delta p_0}$ беруть за випробуваннями або таблицею 3 разом із відповідними товщиною та перепадом тисків. Базовий тиск у п. 5.1 — 10 Па; у таблиці є також результати для інших тисків, тому значення і тиск читають з одного рядка. Показник фільтрації n_i визначають за випробуваннями; за відсутності точних даних п. 5.1 допускає 1,5 для мінераловатних утеплювачів, 0,8 для цегляного мурування та 0,67 для вікон і дверей. Таблиця 3 сама по собі не є таблицею цих показників.

Для товщини, яка складається з кількох однакових табличних шарів, кожний такий шар враховують як послідовний опір. Так, 120 мм матеріалу з характеристикою для 40 мм утворюють три послідовні ділянки; їхній внесок у суму обернених повітропроникностей збільшується втричі. Не підставляйте характеристику табличного шару як характеристику будь-якої товщини без такого узгодження.

Алгоритм.

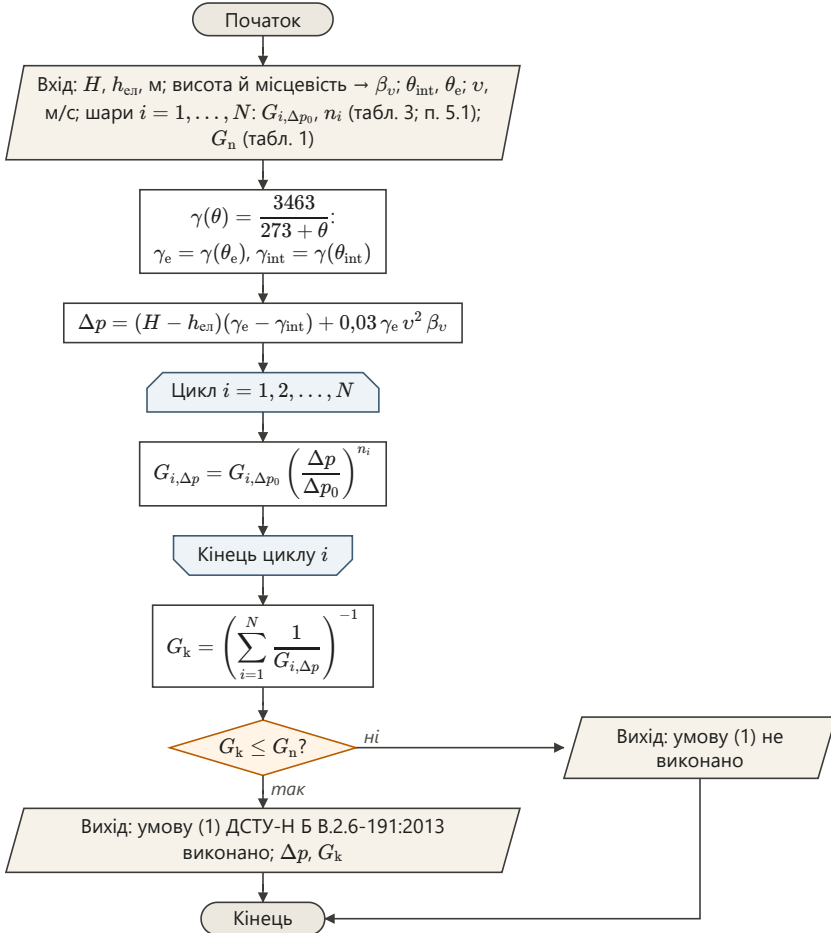


Рис. 8. Алгоритм розрахунку повітропроникності за ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013

Одиниці. γ — Н/м³; $\Delta p, \Delta p_0$ — Па; G — кг/(м²·год); v — м/с; β_v, n_i — 1.

Межі. Δp_0 — різниця тисків, за якої в табл. 3 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 задано $G_{i, \Delta p_0}$; витоки через стики та примикання не враховуються.

Послідовність роботи в CadEE.pro.

1. Відкрийте окремий розрахунок «Повітропроникність».
2. У «Додаткових даних» задайте висоту будівлі H , висоту середини елемента $h_{\text{ел}}$ і тип місцевості.
3. Картка показує G_k і $\text{MAX}(G_n)$.

4. Звіт наводить перерахунок кожного шару, формулу (6) і висновок за умовою (1).

Контрольний приклад за додатком Б.1 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013.

Дев'ятиповерховий житловий будинок; висота поверху 2,7 м; огороження п'ятого поверху. Прийнято $H = 24,3$ м, $h_{\text{сел}} = 4,5 \cdot 2,7 = 12,15$ м, $v = 3$ м/с, $\beta_v = 0,6$, округлені питомі ваги 13,8 і 11,8 Н/м³. Тоді:

$$\Delta p = (24,3 - 12,15)(13,8 - 11,8) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 3^2 \cdot 0,6 = 26,5356 \approx 26,5 \text{ Па}$$

Для кладки з ніздрюватобетонних блоків за товщини 200 мм із внутрішнім оздобленням задано 0,312 кг/(м²·год) за 10 Па, для 40 мм мінераловатного матеріалу — 22,4 кг/(м²·год). За показниками 0,8 і 1,5 із прикладу стандарту перерахунок на 26,5356 Па дає приблизно 0,68111 і 96,82587 кг/(м²·год).

Утеплювач має товщину 120 мм, тобто три табличні товщини:

$$G_k = \left(\frac{1}{0,68111} + \frac{3}{96,82587} \right)^{-1} \approx 0,667 \text{ кг/(м}^2\text{·год)} > 0,4$$

Умову не виконано. Для наведених тут чисел результат дорівнює приблизно 0,66703 кг/(м²·год). Значення 0,66 з прикладу стандарту не є округленням цієї підстановки; навчальний ланцюг перераховано за явно заданими величинами. Цей приклад перевіряє формули вручну; він не є новим прогоном калькулятора. Для повторення власного варіанта збережіть обидві висоти, кліматичні параметри, коефіцієнт місцевості та джерело кожної характеристики матеріалу.

Аналіз результату. Поясніть, який шар найбільше впливає на розрахунковий опір фільтрації. У висновку розмежуйте результат для заданого складу шарів і питання герметичності стиків. Для проєктного висновку перевірте застосовність допустимого значення до конкретного виду огороження за ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013.

Межі застосування. Найбільше важать суцільні шари: тонкий розчин і штукатурка затримують повітря сильніше за утеплювач. Наведений послідовний розрахунок описує однорідну за площею ділянку. Для паралельних ділянок застосовують п. 5.3 і формулу (7), для комбінованої конструкції — послідовність п. 5.4: розрахунок шарів, послідовних частин, потім паралельне об'єднання за площами. Стики та примикання оцінюють окремо; їх не описує сума опорів суцільних шарів.

Завдання. Для своєї стіни визначте G_k для висот будівлі 10, 25 і 50 м та двох типів місцевості. Визначте, який шар дає найбільший опір повітропроникненню.

Контрольні питання. Чому різниця тисків зростає з висотою будівлі? Чому тонка штукатурка важить більше за товстий утеплювач?

9. Теплова інерція

Фізичний зміст показника. Показник теплової інерції D характеризує, наскільки масивна конструкція згладжує добові коливання температури. Величина безрозмірна. У формулі затухання (розділ 10) є множник $e^{D/\sqrt{2}}$: за незмінності інших параметрів він зростає приблизно вдвічі на кожен одиницю D .

Чим інерція відрізняється від опору. Опір теплопередачі описує проходження тепла в стаціонарній моделі, а показник теплової інерції використовується для оцінювання поведінки конструкції за температурних коливань. Тому близькі значення опору не означають однакової інерції. Щоб пояснити різницю між двома стінами, розгляньте внески окремих шарів у кожний показник.



Відео В7
Теплова інерція
Вихід: 18.10.2026

Для цього розділу беріть характеристики за умовами, визначеними саме методикою розрахунку інерції. Автоматичне перенесення всіх чисел із зимової перевірки без звернення умов може дати інший результат. У контрольному прикладі корисно спочатку виписати прийняті характеристики, а потім виконати підстановку.

Нормативні вимоги. Власного нормованого значення D не має, але від нього залежить, які норми та методики застосовують:

Таблиця 9.1. Межі теплової інерції, від яких залежить набір перевірок

Межа	Що від неї залежить
$D > 1,5$ чи $D \leq 1,5$	$R_{q\min}$ промислових і сільськогосподарських будівель (табл. 2 ДБН В.2.6-31:2021)
$D > 4$ для стін, $D > 5$ для покриттів	Теплостійкість улітку можна не перевіряти (прим. 1 до п. 5.8 ДБН В.2.6-31:2021)
$D_1 \geq 0,5$ чи $D_1 < 0,5$	Формула теплотзасвоєння підлоги (п. 6.3 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013)

Як обчислюють. Формули (5)–(7) ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i}, \quad D_i = R_i s_i, \quad D = \sum_{i=1}^N D_i \quad (9.1)$$

де s_i — коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу при періоді 24 год за табл. А.1 ДСТУ 9191:2022, Вт/(м²·К). λ_i і s_i беруть для умов експлуатації А. Для повітряних прошарків $s_i = 0$. Для шару з кількох матеріалів λ і s усереднюють (пп. 4.10, 4.11 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013).

Алгоритм.

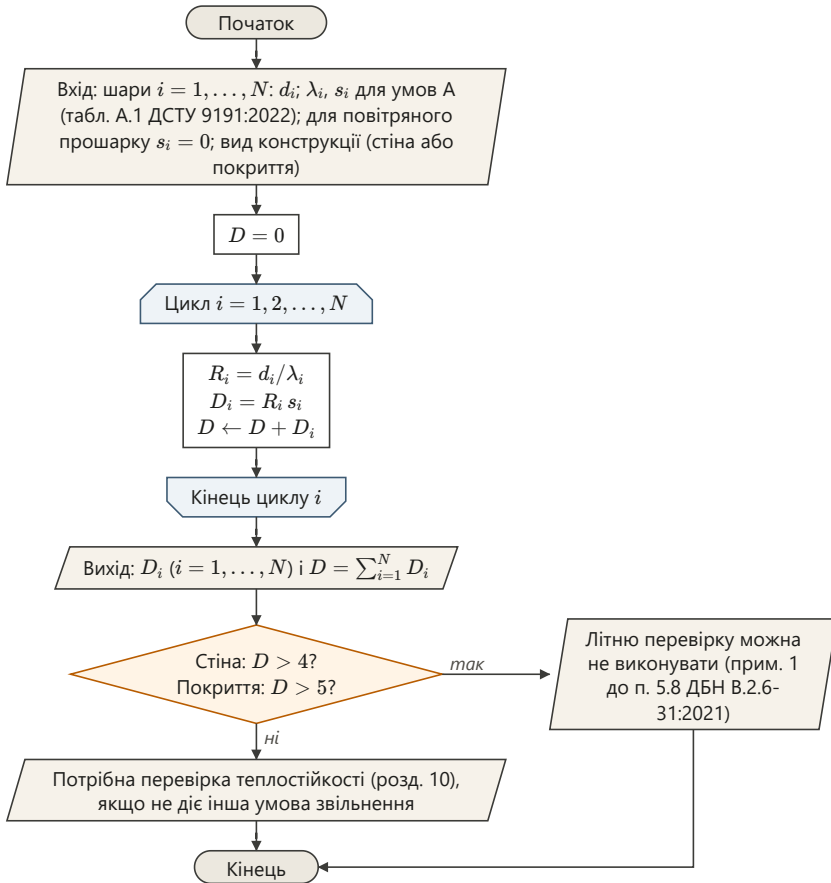


Рис. 9. Алгоритм розрахунку теплової інерції

Одиниці. d_i — м; λ_i — Вт/(м·К); s_i — Вт/(м²·К); R_i — м²·К/Вт; D_i , D — безрозмірні.

Межі. великий D лише звільняє від перевірки (5.8 ДБН В.2.6-31:2021); він не є оцінкою перегріву приміщення.

Перевірку влітку не виконують і тоді, коли середня температура найжаркішого місяця нижча за 21 °С або конструкція має вентиляований прошарок (розділ 10).

Послідовність роботи в CadEE.pro.

1. Відкрийте окремий розрахунок «Теплова інерція».
2. Картка показує D без норми.
3. Вимикайте шари кнопкою з піктограмою видимості, щоб побачити внесок кожного.
4. Звіт містить таблицю характеристик шарів (λ_i , s_i для умов А), R_i і D_i кожного шару та їхню суму.

Контрольний приклад. Стіна з табл. 2.3; характеристики для умов А:

Таблиця 9.2. Теплова інерція стіни контрольного прикладу (умови А); кожен рядок — шар i

i	Шар	d_i , м	λ_i , Вт/(м·К)	s_i , Вт/(м ² ·К)	R_i , м ² ·К/Вт	D_i
1	Розчин складний	0,02	0,70	8,95	0,0286	0,256
2	Кладка з керамічної цегли	0,38	0,70	9,2	0,543	4,994
3	Розчин цементно-піщаний	0,01	0,76	9,6	0,0132	0,126
4	Мінеральна вата 150 кг/м ³	0,18	0,048	0,67	3,75	2,513
5	Розчин цементно-піщаний	0,005	0,76	9,6	0,0066	0,063

$$D = 0,256 + 4,994 + 0,126 + 2,513 + 0,063 = 7,95 > 4$$

Отже, теплостійкість улітку цієї стіни можна не перевіряти. Без цегляної кладки $D = 2,96$: стіна легка, і перевірка потрібна.

Аналіз результату. У порівняльній таблиці наведіть одночасно опір теплопередачі та теплову інерцію. Поясніть, який показник змінився сильніше й чому. Висновок про літню поведінку конструкції завершіть перевіркою теплостійкості за розділом 10.

Межі застосування. Велике D саме по собі не гарантує температурного режиму приміщення: затухання залежить і від інших множників формули (3) ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013.

Завдання. Порахуйте вручну D своєї стіни за даними звіту та порівняйте з калькулятором. Визначте, чи потрібна для неї перевірка теплостійкості улітку.

Контрольні питання. Чому утеплювач з великим R_i дає менше D_i , ніж кладка? Для яких конструкцій теплова інерція змінює набір перевірок?

10. Теплостійкість огорожувальних конструкцій у літній період

Припущення моделі. Періодична літня модель оцінює затухання заданих коливань; вона не є погодинним прогнозом за довільної реальної погоди чи повною моделлю перегрівання приміщення.

Фізичний зміст показника. У спекотну добу температура зовнішнього повітря й сонячне нагрівання коливаються, і легка конструкція передає ці коливання в приміщення. Показник — амплітуда добових коливань температури внутрішньої поверхні $A_{\theta,si}$, °C.

Як читати амплітуду коливань. Амплітуда описує відхилення температури від її середнього рівня в межах прийнятої періодичної моделі. Вона не є максимальною температурою поверхні й не дорівнює температурі повітря в кімнаті. Менша амплітуда означає слабші коливання внутрішньої поверхні за тих самих зовнішніх впливів.

У цьому розрахунку істотні і властивості шарів, і сонячне нагрівання зовнішньої поверхні. Тому порівняння двох покриттів фасаду має виконуватися за незмінного складу стіни та клімату. Окреме порівняння шарів, навпаки, потребує однакового прийнятого поглинання сонячної радіації.

Нормативні вимоги. Умова (7) п. 5.8 ДБН В.2.6-31:2021; розрахунок — за ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013:

$$A_{\theta,si} \leq 1,5 \text{ °C} \quad (10.1)$$

За прим. 1 до п. 5.8 ДБН В.2.6-31:2021 перевірку можна не виконувати, якщо виконується будь-яка з умов:

- це плоске вентильоване покриття, перекриття неопалюваного горища або конструкція фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком;
- середня температура зовнішнього повітря найжаркішого місяця $\theta_{e,jk} < 21 \text{ °C}$;
- стіна має $D > 4$, покриття — $D > 5$ (розділ 9).

Усі три нерівності строгі: за $\theta_{e,jk} = 21 \text{ °C}$, $D = 4$ (стіна) або $D = 5$ (покриття) перевірку виконують.



Відео В8
Літня теплостійкість
Вихід: 19.10.2026

Як обчислюють. Розрахункова швидкість вітру і коефіцієнт тепловіддачі влітку (п. 4.4, формула (4) ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013), розрахункова амплітуда з урахуванням сонця (формула (2)), затухання (формула (3)) і амплітуда на поверхні (формула (1)):

$$v_{\text{роз}} = \max(v; 1 \text{ м/с}), \quad \alpha_{3\text{л}} = 1,16 \left(5 + 10\sqrt{v_{\text{роз}}} \right) \quad (10.2)$$

$$A_{t_3, \text{роз}} = A_{t_3} + \frac{\chi_{\text{sol}} (I_{\text{max}} - I_{\text{сер}})}{\alpha_{3\text{л}}} \quad (10.3)$$

$$\nu = 0,9 e^{D/\sqrt{2}} \frac{(s_1 + h_{\text{si}})(s_2 + Y_1) \cdots (s_N + Y_{N-1})(\alpha_{3\text{л}} + Y_N)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \cdots (s_N + Y_N) \alpha_{3\text{л}}} \quad (10.4)$$

$$A_{\theta, \text{si}} = \frac{A_{t_3, \text{роз}}}{\nu} \quad (10.5)$$

де v — мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень з повторюваністю 16 % і більше (табл. 6 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), м/с; у формулу (10.2) швидкість підставляють числом у м/с. $\alpha_{3\text{л}}$ — коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні влітку, Вт/(м²·К). A_{t_3} — середня амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні, °С. χ_{sol} — коефіцієнт поглинання сонячної радіації зовнішньою поверхнею за табл. Б.1 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 (у нормі — χ). $I_{\text{max}}, I_{\text{сер}}$ — максимальна та середня сумарна сонячна радіація найжаркішого місяця, Вт/м². Шари нумерують від внутрішньої поверхні. Не плутайте швидкість вітру v (іпсилон) і затухання ν (ню).

Показник теплосасвоєння зовнішньої поверхні шару Y_i (пп. 4.12–4.13 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013) калькулятор визначає послідовно для $i = 1, \dots, N$ з $Y_0 = h_{\text{si}}$:

За пп. 4.12–4.13 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 шари обходять від внутрішньої поверхні до зовнішньої. Для першого шару в рекурентному записі попереднім значенням є коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні. При інерції шару, що дорівнює одиниці, обидві гілки дають однаковий результат:

$$Y_i = s_i \quad (D_i \geq 1), \quad Y_i = \frac{R_i s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}} \quad (D_i < 1) \quad (10.6)$$

За $D_i = 1$ маємо $R_i s_i = 1$, і друга формула також дає $Y_i = s_i$. Тому знак на межі $D_i = 1$ не впливає на результат.

Алгоритм.

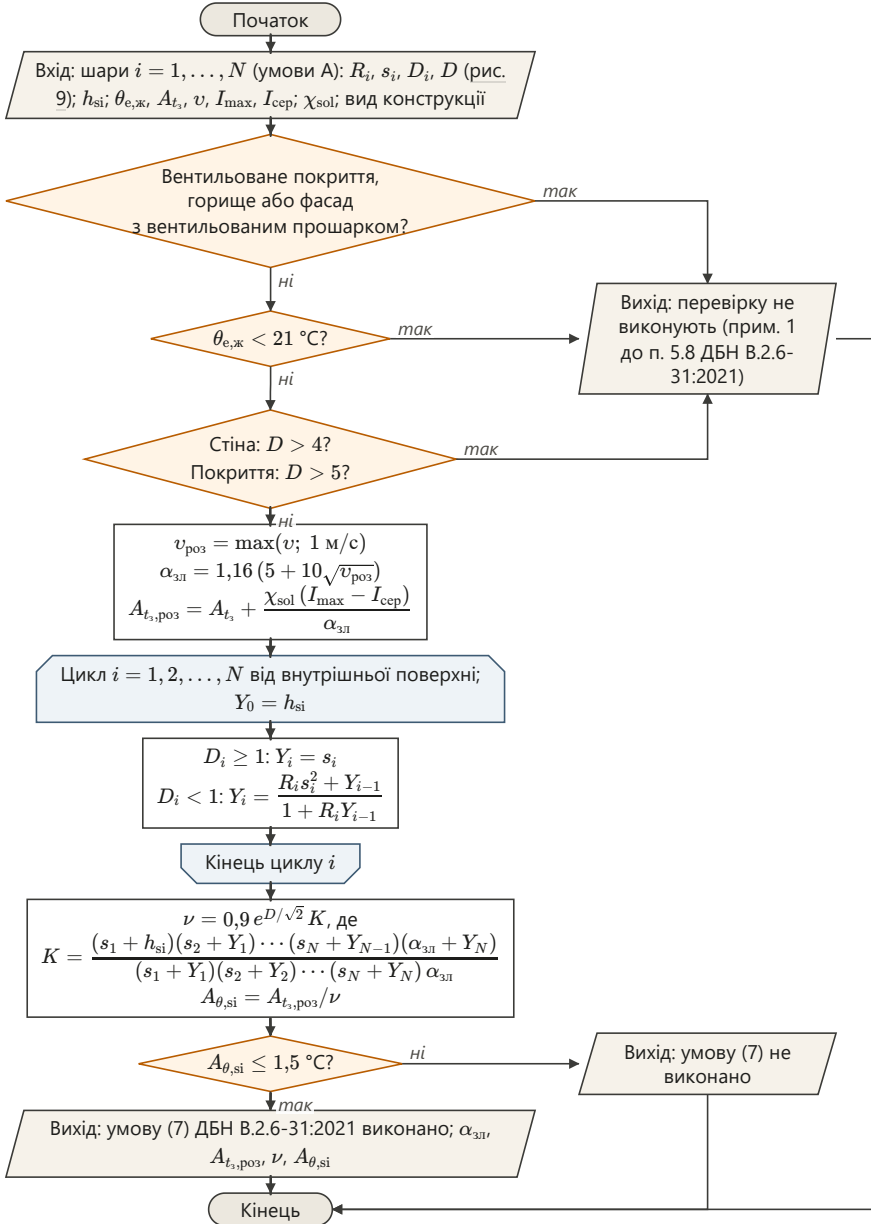


Рис. 10. Алгоритм перевірки теплостійкості в літній період

Індекси. i — номер шару від внутрішньої поверхні, крок 1; $Y_0 = h_{\text{вн}}$ — умовне значення для першого шару.

Одиниці. v підставляють числом у м/с; $\alpha_{\text{зл}}, s_i, Y_i$ — Вт/(м²·К); I — Вт/м²; A — °С; $\chi_{\text{sol}}, \nu, D$ — безрозмірні. v (вітер) і ν (затухання) — різні величини.

Граничне значення $D_i = 1$. За $D_i = 1$ маємо $R_i s_i = 1$, і рекурентна формула дає $Y_i = s_i$, тож вибір знака на межі не впливає на результат.

Послідовність роботи в CadEE.pro.

1. Відкрийте окремий розрахунок «Теплостійкість у літній період». У комплексному розрахунку цю картку додають кнопкою «+».
2. Оберіть місто з жарким липнем і введіть легку конструкцію.
3. Поле «Поверхня» в рядку «Ззовні» задає матеріал і колір зовнішньої поверхні, тобто χ_{sol} .
4. Звіт наводить $D, \chi_{\text{sol}}, \alpha_{\text{зл}}, A_{t_3, \text{поз}},$ затухання ν і висновок за умовою (7).

Навчальний приклад на заданих результатах. Повного набору вихідних даних для незалежного повторення тут немає; наведені числа не є еталоном перевірки програми. Каркасна стіна в Одесі; шари від приміщення:

- листи гіпсокартонні, 12,5 мм;
- пароізоляційна плівка, 1 мм;
- мінеральна вата $\rho = 50 \text{ кг/м}^3$, 150 мм;
- плити деревностружкові, 12 мм;
- мінеральна вата $\rho = 150 \text{ кг/м}^3$, 100 мм;
- розчин цементно-піщаний, 5 мм.

$D = 3,255 < 4$, тож перевірка потрібна. За поверхнею «алюміній матовий» ($\chi_{\text{sol}} = 0,52$) $A_{\theta, \text{si}} = 0,20$ °С. Зі силікатним темно-сірим фарбуванням ($\chi_{\text{sol}} = 0,70$): $A_{t_3, \text{поз}} = 22,27$ °С, $\nu = 90,8$:

$$A_{\theta, \text{si}} = \frac{22,27}{90,8} = 0,25 \text{ °С} \leq 1,5 \text{ °С}$$

Кліматичні дані Одеси ($v, A_{t_3}, I_{\text{max}}, I_{\text{сер}}$) і прийняті λ_i, s_i звіт наводить у вихідних даних. Для перевірки формули (10.2): за $v = 4 \text{ м/с}$ $\alpha_{\text{зл}} = 1,16 \cdot (5 + 10 \cdot 2) = 29,0 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}$.

Аналіз результату. Спочатку встановіть, чи потрібна перевірка для вашого випадку за наведеними умовами. Якщо потрібна, порівняйте отриману амплітуду з допустимою й поясніть, які вихідні дані визначили результат. Далі назвіть інші джерела літнього перегріву приміщення, які цей розрахунок огороження не охоплює.

Межі застосування. Розрахунок дає амплітуду для непрозорої конструкції; перегрів приміщення через вікна й внутрішні надходження він не оцінює.

Завдання. Для каркасної стіни (варіант 5) у місті з жарким липнем визначте $A_{\theta,si}$ для трьох варіантів поверхні та поясніть вплив χ_{sol} .

Контрольні питання. Чим амплітуда відрізняється від розмаху коливань? Чому для масивних стін перевірку можна не виконувати? Навіщо обмеження $v_{poz} \geq 1$ м/с?

11. Показник теплосасвоєння поверхнею підлоги

Фізичний зміст показника. Показник теплосасвоєння Y_f характеризує, наскільки швидко підлога забирає тепло від ступні, тобто чи не буде вона «холодною» на дотик. Одиниця — Вт/(м²·К). Вирішальні верхні шари, а не утеплення під плитою.

Чому покриття відчуються по-різному. Два покриття за однакової початкової температури можуть по-різному відчуватися під час контакту зі ступнею. Це пов'язано з інтенсивністю відведення тепла від тіла. Саме цей аспект описує показник теплосасвоєння поверхні; його не можна визначити лише за загальним опором підлоги.

Починайте перелік шарів із поверхні, з якою контактує людина. У послідовному розрахунку потрібно правильно знайти шар, на якому виконується порогова умова, а потім пройти передбачені формулою кроки. Пропуск тонкого оздоблювального шару змінює саму розрахункову схему.

Нормативні вимоги. Умова (9) п. 5.9 ДБН В.2.6-31:2021; розрахунок — за п. 6.3 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 (там Y_f позначено Y_n):

$$Y_f \leq Y_{f,max} \tag{11.1}$$

Таблиця 11.1. Максимально допустимий показник теплосасвоєння $Y_{f,max}$ (за табл. 4 ДБН В.2.6-31:2021)

Призначення	$Y_{f,max}$, Вт/(м ² ·К)
Житлові будівлі, заклади дошкільної освіти, освіти та охорони здоров'я	12
Громадські будівлі, крім зазначених вище	14



Відео В9
Поверхня підлоги
Вихід: 20.10.2026

Частини приміщень з постійними робочими місцями в опалюваних промислових будівлях і торговельних закладах 17

Як обчислюють. Шари нумерують від поверхні підлоги вниз: $i = 1$ — покриття. R_i і D_i — за формулами (9.1) з λ_i і s_i для умов А.

а) Якщо $D_1 \geq 0,5$, показник визначає лише покриття (формула (25)):

$$Y_f = 2 s_1 \quad (11.2)$$

б) Якщо $D_1 < 0,5$, знаходять останній шар $n \geq 1$ перед досягненням порога, для якого інерція перших n шарів менша за 0,5, а перших $n + 1$ шарів — уже не менша:

$$\sum_{i=1}^n D_i < 0,5 \leq \sum_{i=1}^{n+1} D_i \quad (11.3)$$

Далі розраховують показники теплосасвоєння поверхонь шарів, починаючи з n -го і до 1-го (формули (26), (27)):

$$Y_n = \frac{2 R_n s_n^2 + s_{n+1}}{0,5 + R_n s_{n+1}}, \quad Y_i = \frac{4 R_i s_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i Y_{i+1}} \quad (i = n - 1, n - 2, \dots, 1), \quad Y_f = Y_1 \quad (11.4)$$

Отже, n — останній шар, на якому сума ще менша за 0,5, а шар $n + 1$ переводить суму через поріг. Якщо $n = 1$, формула (27) не застосовується і $Y_f = Y_1$ за формулою (26). Це визначення відповідає п. 6.3 6 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 і коду калькулятора.

Алгоритм.

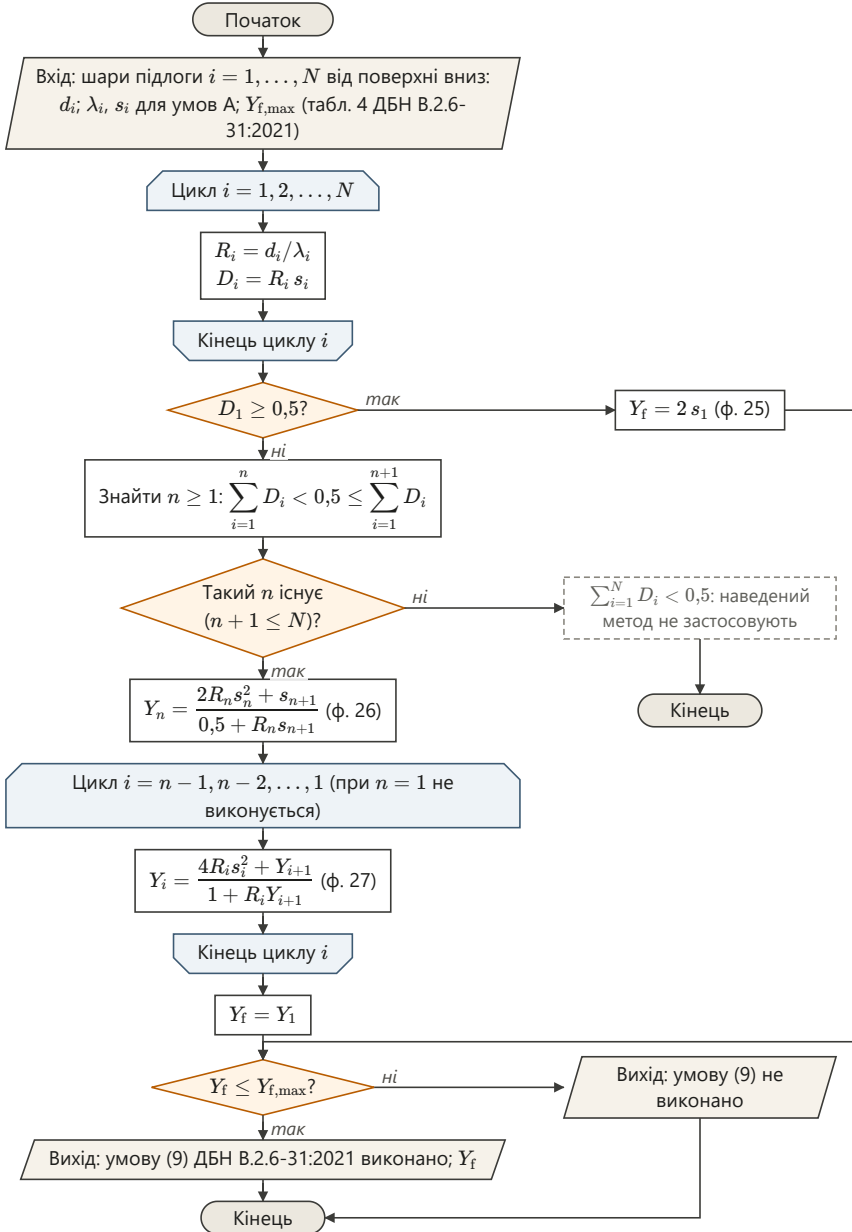


Рис. 11. Алгоритм розрахунку показника теплотзасвоєння поверхні підлоги за п. 6.3 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013

Індекси. i — номер шару від поверхні підлоги; n — пороговий шар: інерція перших n шарів менша за 0,5, а перших $n + 1$ шарів — не менша; другий цикл іде від $n - 1$ до 1 з кроком -1 .

Одиниці. R_i — $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; s_i , Y_i , Y_f — $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; D_i — безрозмірні.

Послідовність роботи в CadEE.pro.

1. Відкрийте окремий розрахунок «Теплозасвоєння поверхні підлоги».
2. Введіть шари від покриття підлоги вниз.
3. Картка показує Y_f і MAX ($Y_{f,\max}$) для обраного типу будівлі.
4. Звіт перевіряє інерцію верхніх шарів за п. 6.3 і рахує Y_f за формулою (25) або (26)–(27).

Навчальний приклад на заданих результатах. Повного набору вихідних даних для незалежного повторення тут немає; наведені числа не є еталоном перевірки програми. Підлога над проїздом житлового будинку; шари від поверхні:

- дуб поперек волокон, 15 мм;
- розчин цементно-піщаний, 40 мм;
- залізобетон, 200 мм;
- розчин цементно-піщаний, 10 мм;
- ПСБ спінений пінополістирол $\rho = 25 \text{ кг}/\text{м}^3$, 250 мм;
- розчин цементно-піщаний, 5 мм.

$Y_f = 10,59 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}) \leq Y_{f,\max} = 12$ — умову (9) виконано. Без пінополістиролу Y_f не змінюється: шар лежить нижче порогового. Без паркету верхнім стає стяжка, і $Y_f = 19,20 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ — вимогу не виконано.

Аналіз результату. Порівняйте паркет і плитку на однаковій основі. Поясніть різницю властивостями покриття та шарів до порогової глибини.

Мехі застосування. Теплозахист перекриття перевіряють окремо (розділи 2, 4). П. 6.3 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 не описує випадку, коли сумарна інерція всіх шарів $\sum_{i=1}^N D_i < 0,5$. У такому випадку наведені формули не дають нормативно обґрунтованого результату: слід уточнити повний склад основи та область застосування методу. Резервне числове значення програми не використовують як підтвердження виконання вимоги.

Завдання. Порівняйте Y_f для трьох покриттів на тій самій основі (паркет, лінолеум, керамічна плитка). Для кожного вкажіть n і поясніть, які шари входять у розрахунок.

Контрольні питання. Чому утеплювач під плитою не впливає на Y_f ? Для яких приміщень норма найсуворіша? Що зміниться, якщо D_1 дорівнює точно 0,5?

12. Підлога на ґрунті

Фізичний зміст показника. Тепло від підлоги на ґрунті йде крізь ґрунт до зовнішнього повітря, найбільше — біля периметра. Тому підлогу рахують не як фрагмент 1 м^2 , а всю разом. Результат — узагальнений коефіцієнт теплопередачі H_g , Вт/К (тепловтрати всієї підлоги на 1 К різниці температур), і приведений опір $R_{\Sigma \text{пр},g}$, що залежить від розмірів будівлі.

Чому важлива геометрія всієї підлоги. Для підлоги на ґрунті тепловий потік залежить від взаємодії будівлі з навколишнім ґрунтом. Площа та зовнішній периметр входять у розрахункову геометрію разом. Тому однакові шари у двох будинках різної форми не обов'язково дають однаковий приведений показник.

Перед розрахунком виконайте план підлоги й позначте ділянки периметра, які прийнято в моделі. Площу та периметр визначаєте за узгодженою системою розмірів. Особливо уважно перевіряйте ці величини, коли переходите від простого прямокутного прикладу до будівлі зі складнішою конфігурацією.

Нормативні вимоги. Розрахунок — за додатком Б ДСТУ 9190:2022; $R_{\Sigma \text{пр},g}$ визначають згідно з ДСТУ 9190:2022 (п. 5.3 ДСТУ 9191:2022). Табличного мінімуму опору для підлог на ґрунті табл. 1 ДБН В.2.6-31:2021 не містить. Діють умови температурного перепаду (5) — $2,0 \text{ }^\circ\text{C}$ для підлог житлових будинків — і теплосасвоєння (9) (розділи 4 і 11). H_g входить у теплопередачу трансмісією в розрахунку енергоефективності (розділ 14).

Як обчислюють. Характеристичний розмір підлоги й еквівалентна товщина:

$$B' = \frac{A}{0,5 P}, \quad d_t = w + \lambda_g (R_{\text{si}} + R_f + R_{\text{se}}) \quad (12.1)$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги — за формулою (Б.1), якщо $d_t < B'$, або (Б.2), якщо $d_t \geq B'$ (добре утеплена підлога):

$$U = \frac{2\lambda_g}{\pi B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right) \quad (d_t < B'), \quad U = \frac{\lambda_g}{0,457 B' + d_t} \quad (d_t \geq B') \quad (12.2)$$



Відео B10

Підлога на ґрунті
Вихід: 21.10.2026

Узагальнений коефіцієнт (Б.5) і приведений опір:

$$H_g = A U + P \Psi_g, \quad R_{\Sigma \text{пр},g} = \frac{A}{H_g} \quad (12.3)$$

де A — площа підлоги, м^2 ; P — периметр, м ; w — товщина зовнішніх стін, м ; λ_g — теплопровідність ґрунту за табл. Б.1 ДСТУ 9190:2022 (для невідомого ґрунту 2,0 $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$); R_{si} , R_{se} — опори тепловіддачі, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; R_f — опір шарів підлоги; Ψ_g — лінійний коефіцієнт теплопередачі вузла сполучення підлоги зі стіною, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Для опалюваного підвалу $H_g = A U_{\text{bf}} + z P U_{\text{bw}} + P \Psi_g$ (Б.16); опори підлоги та стін — за (Б.17), (Б.18).

Алгоритм.

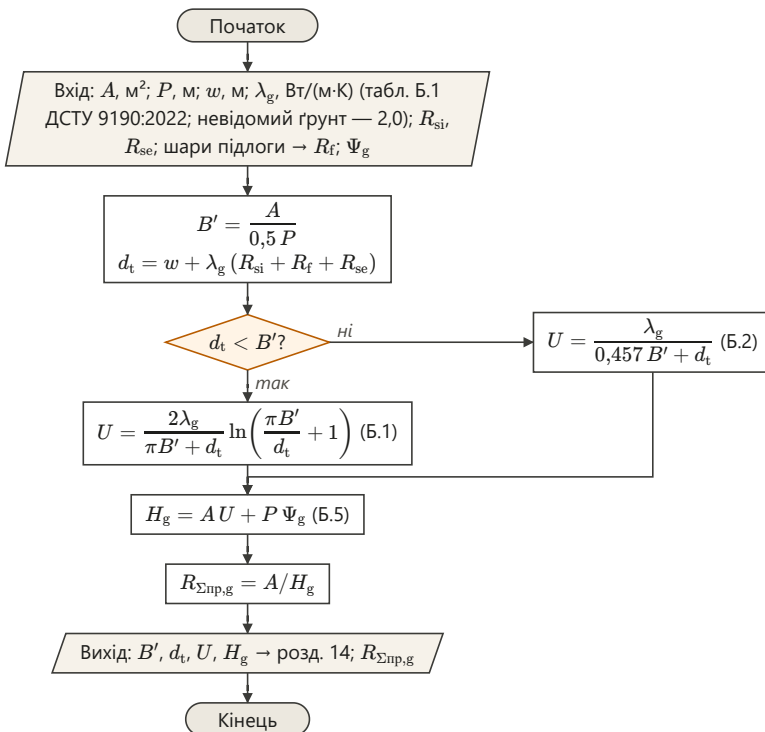


Рис. 12. Алгоритм розрахунку підлоги по ґрунту за додатком Б ДСТУ 9190:2022

Одиниці. R_{si} , R_f , R_{se} , $R_{\Sigma \text{пр},g}$ — $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; U — $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; Ψ_g — $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; H_g — $\text{Вт}/\text{К}$.

Межі. Ψ_g — частина лінійного коефіцієнта вузла, віднесена до підлоги; його не враховують вдруге у стіні. Для опалюваного підвалу — формули (Б.16)–(Б.18).

Послідовність роботи в CadEE.pro.

1. Відкрийте «Підлога по ґрунту» серед комплексних розрахунків меню «Інші теплотехнічні розрахунки». Там само — опалюваний підвал, техпідпілля, неопалюваний підвал, а серед окремих — варіанти лише з теплопередачею.
2. Введіть шари підлоги.
3. У «Додаткових даних» задайте ширину, довжину і периметр підлоги, тип ґрунту. На інших вкладках задайте товщину стін, Ψ_g і крайове утеплення.
4. Результати: H_g , приведений опір (на картці «Rg») і теплосасвоєння Y_f . Звіт наводить B' , d_t , U і H_g за додатком Б.

Для підлоги на ґрунті п. 4.11 ДСТУ 9191:2022 передбачає шар теплоізоляції завтовшки не менше 50 мм та виконання умов (5), (6) і (9) ДБН В.2.6-31:2021.

Відсутність окремого табличного мінімуму опору не скасовує цих вимог.

Розрахунковий (експонований) периметр P покажіть на плані: це периметр, через який враховується теплообмін із зовнішнім середовищем. Прийняття додаткового крайового коефіцієнта рівним нулю не вилучає P із характеристичного розміру та розрахунку теплопередачі через ґрунт.

Навчальний приклад на заданих результатах. Повного набору вихідних даних для незалежного повторення тут немає; наведені числа не є еталоном перевірки програми. Підлога, шари від поверхні:

- дуб поперек волокон, 15 мм;
- розчин цементно-піщаний, 60 мм;
- ЕППС екструдований пінополістирол, 100 мм;
- залізобетон, 100 мм.

Будинок 11×9 м: $A = 99 \text{ м}^2$, $P = 40$ м, $w = 0,25$ м. Ґрунт невідомий ($\lambda_g = 2,0 \text{ Вт/(м·К)}$), $\Psi_g = 0$. Калькулятор дає $B' = 4,95$ м і $d_t = 6,59$ м. Оскільки $d_t \geq B'$, застосовують формулу (Б.2):

$$U = \frac{2,0}{0,457 \cdot 4,95 + 6,59} \approx 0,226 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}, \quad H_g = 99 \cdot 0,226 \approx 22,37 \text{ Вт/К}, \quad R_{\Sigma \text{пр},g} = \frac{99}{22,37} \approx 4,43 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Та сама підлога в будівлі 48×36 м ($A = 1728 \text{ м}^2$, $P = 168$ м) має $B' = 20,57 \text{ м} > d_t$, тож застосовують формулу (Б.1):

$$U = \frac{2 \cdot 2,0}{\pi \cdot 20,57 + 6,59} \ln \left(\frac{\pi \cdot 20,57}{6,59} + 1 \right) \approx 0,134 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}, \quad R_{\Sigma \text{пр},g} = \frac{1}{U} \approx 7,48 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

У великій будівлі більша частина підлоги далеко від зовнішніх стін.

Теплосасвоєння цієї підлоги $Y_f = 10,59 \leq 12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Аналіз результату. У висновку вкажіть геометрію підлоги, склад шарів і прийняте врахування крайового вузла. Для навчального порівняння змініть форму плану, зберігаючи площу, та поясніть роль периметра. Нульовий заданий внесок крайового вузла опишіть як прийняте спрощення, а не як доведену відсутність тепловтрат через нього.

Межі застосування. Ψ_g беруть за ДСТУ 9191:2022 для відповідного вузла й системи розмірів. Схеми «фундамент + ґрунт» у каталозі МСЕ зараз немає. З $\Psi_g = 0$ тепловтрати через вузол по периметру не враховано, а вони можуть бути значними.

Завдання. Для підлоги свого будинку визначте H_g і $R_{\Sigma пр,г}$ для трьох розмірів у плані та побудуйте залежність $R_{\Sigma пр,г}(B')$. Перевірте вручну B' , d_t і U , назвавши, яку з формул (Б.1) чи (Б.2) застосовано.

Контрольні питання. Чому приведений опір підлоги залежить від розміру будівлі? Яку роль відіграє Ψ_g ? Яку формулу застосовують, якщо $d_t = B'$?

Схема теплопередачі до ґрунту

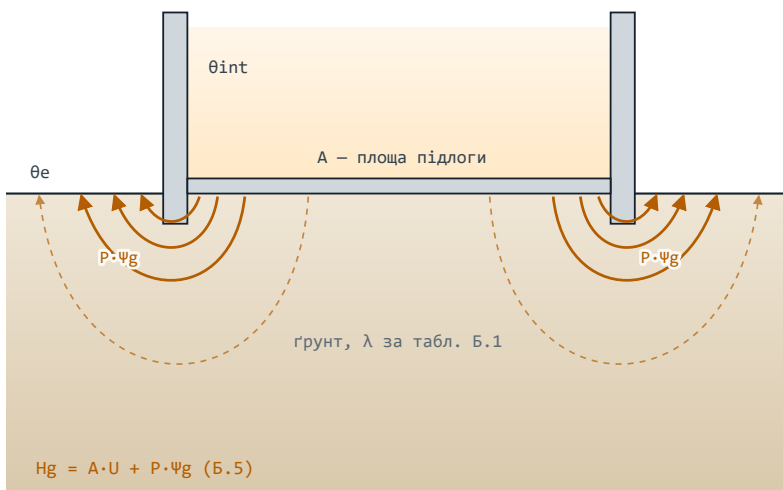


Рис. 13. Схема теплопередачі через підлогу до ґрунту. Джерело: CadEE.pro/pidloha-po-gruntu.

Схема з довідкової сторінки CadEE показує, що теплопередача через підлогу залежить не лише від її шарів, а й від розмірів будівлі та крайової зони. Стрілки пояснюють напрямки потоку; це ілюстрація фізичного процесу, а не результат МСЕ.



Розрахунок КЗ
Підлога на ґрунті

Код КЗ відкриває модуль підлоги на ґрунті. Він не містить геометрії навчального завдання: площу, відкритий периметр, шари, заглиблення й крайову теплоізоляцію потрібно ввести за умовою. Перед порівнянням результатів переконайтеся, що обрано однаковий тип підлоги та однаков розрахунок постановку.

13. Теплові мости методом скінченних елементів (бета)

Фізичний зміст показника. У вузлах — на стику стіни з перекриттям, балконом, у кутах — тепловий потік двовимірний, і одновимірний розрахунок складових не враховує частину тепловтрат. Лінійний коефіцієнт теплопередачі Ψ , Вт/(м·К), показує ці додаткові тепловтрати на метр довжини вузла. Температурний фактор f_{Rsi} — безрозмірна величина, яка показує, наскільки холодна найхолодніша точка внутрішньої поверхні.

Нормативні вимоги. Ψ входить у формулу (3.1) для приведенного опору (розділ 3). Фактична мінімальна температура поверхні в зоні включень $\theta_{tb,si,min}$ перевіряється за умовою (6) ДБН В.2.6-31:2021 і порівнюється з точкою роси (розділ 5). Для опису модуля прийнято ISO 10211:2017. Базовий п. 5.2 ДСТУ 9191:2022 містить дослівні позначення «ДСТУ ISO 10211-1» та «ДСТУ ISO 10211-2»; це не тотожне посилання на видання 2017 року. Граничні умови — за ISO 6946:2017, табл. 7: $R_{si} = 0,13 / 0,10 / 0,17$ м²·К/Вт для горизонтального, висхідного та низхідного потоку, $R_{se} = 0,04$. f_{Rsi} у наведеному навчальному прикладі визначають другим розв'язанням із $R_{si} = 0,25$ м²·К/Вт. Це не універсальне значення для всіх поверхонь: для проєктної перевірки його обирають за видом поверхні та умовами ISO 13788:2012.

Як обчислюють. Коефіцієнт теплового зв'язку вузла (ISO 10211:2017, ф. 15), лінійний коефіцієнт (ф. 18) і температурний фактор:

$$L_{2D} = \frac{\Phi_l}{\theta_{int} - \theta_e}, \quad \Psi = L_{2D} - \sum_j U_j l_j, \quad f_{Rsi} = \frac{\theta' - \theta_e}{\theta_{int} - \theta_e} \quad (13.1)$$

де Φ_l — тепловий потік крізь вузол на 1 м його довжини, Вт/м; U_j, l_j — коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К), і довжина, м, складової j ; θ' — мінімальна температура внутрішньої поверхні в розв'язанні з $R_{si} = 0,25$ м²·К/Вт. Ψ може бути від'ємним, коли прийнята система розмірів для l_j уже з запасом враховує площу вузла.

Алгоритм.

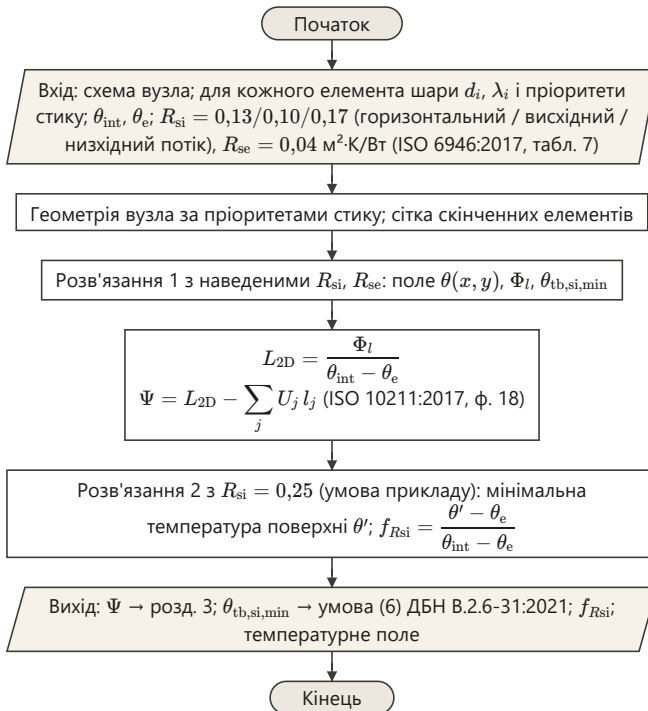


Рис. 14. Алгоритм розрахунку вузла методом скінченних елементів за ISO 10211:2017

Індекси. j — складова вузла (стіна, перекриття), для якої відомі U_j і довжина l_j у прийнятій системі розмірів.

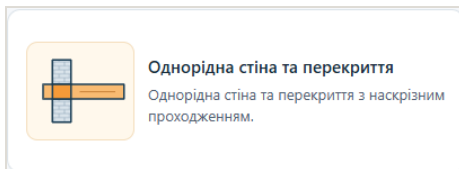
Одиниці. Φ_l — Вт/м (потік на 1 м довжини вузла); L_{2D}, Ψ — Вт/(м·К); U_j — Вт/(м²·К); l_j — м; f_{Rsi} — безрозмірний.

Межі. критерій збіжності сітки в цій методичці не нормується; розрахунок двовимірний і точкових χ_j не дає.

Послідовність роботи в CadEE.pro.

У каталозі FEM вибирають схему, що відповідає геометрії вузла. Картки відрізняються складом елементів і способом їхнього сполучення. Для першої роботи відкрийте «Однорідна стіна та перекриття»; для вузла з балконом потрібна окрема картка.

Назва схеми описує її будову, а матеріали й товщини перевіряють уже у відкритій задачі.



Каталог FEM: фрагмент групи «Стіни-перекриття»

Після вибору зіставте креслення з умовою завдання: де проходять стіна і перекриття, які поверхні внутрішні та зовнішні. До введення шарів переконайтеся, що схема містить усі потрібні частини вузла. Це допомагає уникнути спроб пристосувати невідповідну геометрію лише зміною матеріалів.

1. Меню «Розрахунок вузлів FEM» відкриває каталог схем у двох групах: стіни-перекриття і кутові задачі. Приклад: «Однорідна стіна та перекриття».
2. Кожен елемент вузла — окрема вкладка. Шари стіни задають від «В середині» до «Ззовні», шари перекриття — від підлоги до стелі. Номер шару збігається з номером на кресленні.
3. Пріоритет стику шару (число перед шаром) визначає, що займає перетин: менше числове значення має вищий пріоритет. Шар перекриття зупиняється на першому шарі стіни з таким самим або меншим числом.
4. «Запустити розрахунок MCE» дає Ψ . Креслення показує температурне поле, ізотерми та тепловий потік.
5. «PDF звіт» містить:
 - конструкцію вузла і граничні умови;
 - розрахунок Ψ за формулою (18) ISO 10211:2017;
 - f_{Rsi} ;
 - додаток з таблицями сітки.

DOCX для вузлів MCE поки недоступний.

Навчальний приклад на заданих результатах. Повного набору вихідних даних для незалежного повторення тут немає; наведені числа не є еталоном перевірки програми. «Однорідна стіна та перекриття» з типовими даними схеми ($\theta_{int} = 22$

$^{\circ}\text{C}$, $\theta_e = -22^{\circ}\text{C}$): $\Psi = 0,086 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, $f_{Rsi} = 0,942$. Відповідна мінімальна температура поверхні:

$$\theta' = \theta_e + f_{Rsi} (\theta_{\text{int}} - \theta_e) = -22 + 0,942 \cdot 44 \approx 19,4^{\circ}\text{C}$$

Якщо змінити пріоритет залізобетонної плити з 2 на 1, плита проходить крізь утеплювач до зовнішньої штукатурки, і $\Psi = 0,697 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ — утворюється місток холоду. Ще один приклад — вузол включень із розділу 3: $\Phi_l = 15,986 \text{ Вт}/\text{м}$, $L_{2D} = 0,3806 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, $\Psi_M = 0,0541 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, $f_{Rsi} = 0,924$.

Аналіз результату. Додайте до звіту зображення прийнятої геометрії та позначте місце найнижчої внутрішньої температури. Під час порівняння варіантів зберігайте однакові граничні умови й систему розмірів. Якщо доступні параметри дискретизації, фіксуйте їх разом із результатом; сама наявність кольорової карти ще не підтверджує достатність точності моделі.

Межі застосування. Розрахунок двовимірний: він дає лінійний Ψ , але не точковий χ_j . Результат залежить від правильно заданих пріоритетів побудови геометрії стику: задавайте їх так, як шари справді з'єднуються в конструкції. Навчальний критерій стабілізації наведено в підрозділі 13.4; він не замінює перевірки методу за контрольними задачами ISO 10211:2017.

Завдання. Введіть стіну свого варіанта і залізобетонне перекриття у вузол «Однорідна стіна та перекриття». Визначте Ψ і f_{Rsi} для двох варіантів пріоритету плити. Порівняйте температурні поля і запропонуйте конструктивне рішення вузла.

Контрольні питання. Що показує Ψ і чим він відрізняється від U ? Навіщо f_{Rsi} рахують з іншим R_{si} ? Чому від пріоритету стику залежить Ψ ?

13.1. Постановка практичної роботи

Мета роботи — побудувати двовимірну модель вузла, визначити додаткову теплопередачу і мінімальну температуру внутрішньої поверхні, а потім перевірити вплив конструктивної зміни. Розрахункова область має представляти переріз вузла, який повторюється вздовж його довжини. Локальне кріплення або закінчення вузла, де потік істотно тривимірний, потребує іншої моделі.



Відео D1
Каталог вузлів

Для першого варіанта використайте схему стіни з перекриттям і збережіть її вихідні дані. Не обмежуйтеся назвою типової схеми: після оновлення каталогу її наповнення може змінитися. До роботи додайте креслення з розмірами, таблицю всіх шарів, теплопровідність матеріалів, температури середовищ і пріоритети стиків. Саме цей набір дозволяє повторити розрахунок.



Відео D2
Конструкції вузла
Вихід: 13.10.2026

13.2. Геометрія, матеріали та граничні умови

Побудовану область перегляньте до запуску обчислення. Особливо уважно перевірте торець плити, неперервність утеплення та місця перетину шарів. Пріоритет стику є способом утворити геометрію; він не змінює теплопровідність матеріалу. Після зміни пріоритету потрібно знову оглянути креслення, а не лише порівняти числа.



Відео D3
Пріоритет стику
Вихід: 14.10.2026

На схемі позначте внутрішні й зовнішні поверхні та межі відсікання. Температуру повітря задають для середовища, а поверхневий опір описує теплообмін між ним і конструкцією. Адіабатична межа означає відсутність нормального теплового потоку й може представляти площину симетрії або обґрунтовану межу моделі. Випадкове призначення такої межі замість зовнішньої поверхні змінить фізичну задачу.

Теплопровідність, розміри та температури мають бути узгоджені з одновимірними складовими, які віднімають при визначенні лінійного коефіцієнта. Якщо для складової змінено матеріал чи поверхневий опір, її коефіцієнт теплопередачі також перераховують.

13.3. Скінченно-елементна модель

МСЕ ділить область на елементи, у межах яких наближено описується температура. У стаціонарному розрахунку без внутрішніх джерел теплоти для матеріалу з ізотропною теплопровідністю розв'язують рівняння:

$$\nabla \cdot (\lambda \nabla \theta) = 0, \quad \mathbf{q} = -\lambda \nabla \theta \quad (13.2)$$

Тут температура є функцією координат перерізу, а вектор густини теплового потоку має одиницю Вт/м². На контактні матеріалів без окремого контактного опору забезпечуються неперервність температури та баланс нормального потоку. Граничні умови доповнюють рівняння і визначають конкретну задачу.

Після складання системи рівнянь програма знаходить вузлові температури та відновлює потоки. Інтегрування потоку через відповідні внутрішні поверхні дає тепловий потік на метр довжини вузла. Його використовують у (13.1). Згущення ізотерм показує великий градієнт температури, але саме по собі не є числовим значенням лінійного коефіцієнта.

13.4. Вибір сітки та перевірка збіжності

Наведена нижче таблиця — форма для заповнення, а не виконаний протокол. Перед висновком збережіть геометрію, обидва набори граничних умов, тип і порядок елементів, допуск розв'язувача, числа вузлів/елементів та розміри елементів. Для трьох сіток запишіть потік, лінійний коефіцієнт, мінімальну температуру кожного розв'язання, нев'язку балансу вхідного й вихідного потоків і зміну результатів. Окремо перевірте вплив відстані меж відсікання. Якщо відомостей немає, стабілізацію та точність не оголошують підтвердженими.

Числова верифікація означає зіставлення з аналітичною або стандартною контрольною задачею. Фізична валідація потребує незалежних експериментальних даних; цією методичкою її не виконано.

Сітка повинна відтворювати тонкі шари й геометрію стиків. Зафіксуйте задані мінімальний і максимальний кроки та фактичні характеристики сітки у звіті. Виконайте послідовні розрахунки на грубішій, середній і дрібнішій сітках, зменшуючи кроки приблизно вдвічі та зберігаючи однакову геометрію й граничні умови.

Для навчальної роботи прийміть критерій стабілізації між двома останніми сітками: зміна теплового потоку не більше 1 %, а мінімальної температури — не більше 0,1 °C. Це заданий критерій цієї практичної роботи, а не цитата з ISO. Окремо запишіть абсолютну зміну лінійного коефіцієнта: коли він близький до нуля, відносна похибка цього коефіцієнта малоінформативна. Якщо критерій не досягнуто, продовжте згущення або поясніть обмеження розрахунку.

Для кожного варіанта окремо запишіть кількість вузлів, кількість елементів і фактичні мінімальний та максимальний розміри елементів, якщо ці дані доступні у звіті. Задані кроки генератора не слід називати фактичними розмірами елементів.

Сітка	Задані кроки, мм	Кількість елементів	Потік, Вт/м	Лінійний коефіцієнт, Вт/(м·К)	Мінімальна температура, °C
Початкова	За завданням	Із звіту	Результат	Результат	Результат

Сітка	Задані кроки, мм	Кількість елементів	Потік, Вт/м	Лінійний коефіцієнт, Вт/(м·К)	Мінімальна температура, °C
Уточнена	Приблизно половина початкових	Із звіту	Результат	Результат	Результат
Контрольна	Приблизно половина уточнених	Із звіту	Результат	Результат	Результат

Перевірте також баланс потоків через усі межі з теплообміном. За стаціонарних умов без джерел теплоти сумарний приплив і відплив повинні узгоджуватися з числовою точністю. Малий дисбаланс не замінює перевірки збіжності: навіть груба сітка може добре зберігати загальний баланс.

13.5. Два розв'язання і два результати

Для лінійного коефіцієнта використовують розв'язання з поверхневими опорами, прийнятими для теплопередачі. З нього отримують потік, коефіцієнт теплового зв'язку і різницю між двовимірною моделлю та одновимірними складовими. Довжини цих складових визначають в одній погодженій системі розмірів.

У цьому навчальному прикладі температурний фактор визначають окремим розв'язанням із внутрішнім поверхневим опором $0,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; для інших поверхонь обґрунтовують відповідний опір окремо. Геометрія та сітка залишаються тими самими. Мінімальну температуру з цього розв'язання не можна без пояснення замінити мінімумом із першої температурної карти. У звіті підпишіть, до якого розв'язання належить кожний мінімум.



Відео D4
Результати МСЕ
Вихід: 15.10.2026

13.6. Ручна перевірка результату

За температурами 22 і -22 °C та фактором $0,942$ відновлюємо мінімальну температуру $19,448$ °C. Це перевірка післяоброблення; повторення самого МСЕ-розрахунку потребує збережених геометрії, матеріалів і сітки.

Для арифметичної вправи задаємо довжину вузла 10 м. Коефіцієнт $0,086 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ дає додаткову теплопередачу $0,86 \text{ Вт}/\text{К}$, а за різниці температур 44 К — додаткові тепловтрати $37,84 \text{ Вт}$. Для плити, що проходить крізь утеплення, коефіцієнт $0,697 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ дає відповідно $6,97 \text{ Вт}/\text{К}$ і $306,68 \text{ Вт}$.

Загальні тепловтрати містять також площинні складові. Додатковий потік не підставляють замість повного при визначенні коефіцієнта теплового зв'язку.

13.7. Передавання результату до огороження та будівлі

У розрахунку приведенного опору лінійний коефіцієнт множать на фактичну довжину відповідного вузла. Для періодичних включень пояснюють крок повторення та межі фрагмента. До енергетичної моделі будівлі передають узгоджений результат, не додаючи той самий місток вдруге після його врахування у приведеному опорі.

Поверхневу температуру перевіряють окремо: достатній приведений опір не виключає локально холодної ділянки. У висновку наведіть обидва результати, сітку, досягнуту стабілізацію та конструктивну причину відмінності варіантів.

13.8. Приклад виконаного 2D FEM-розрахунку

Приклад нижче виконано на сайті CadEE.pro 13.10.2026 (відображена версія 2026.09.5) для типового вузла «Однорідна стіна та перекриття». Рисунки експортовано з графічного поля сайту після запуску розрахунку, числові характеристики взято зі сформованого PDF-звіту та таблиці результатів. Це окремий прогін; він не продовжує умовний числовий приклад підрозділу 13.6.

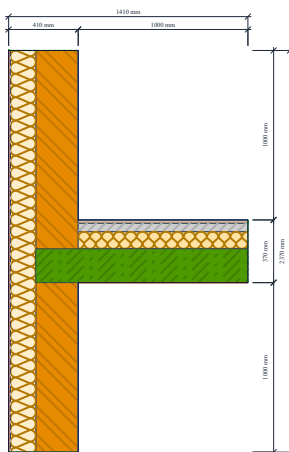


Рис. 15. Геометрія типового вузла «Однорідна стіна та перекриття» в CadEE.pro. Розміри на схемі — у міліметрах.

Стіна має товщину 410 мм, перекриття — 370 мм. Висота моделі становить 2370 мм: 1000 мм стіни над перекриттям, 370 мм у зоні стику та 1000 мм під перекриттям. Загальна горизонтальна протяжність — 1410 мм, зокрема 1000 мм перекриття від внутрішньої грані стіни. Геометрію перетину шарів зберігають такою, як у типовому вузлі.

Таблиця 13.1. Матеріали виконаного прогону за PDF-звітом

Складова та шар	Товщина, мм	λ , Вт/(м·К)
Стіна: повнотіла керамічна цегла, 1800 кг/м ³	250	0,560
Стіна: базальтова мінеральна вата, 30 кг/м ³	150	0,039
Стіна: вапняно-піщаний розчин	10	0,470
Перекриття: сосна поперек волокон, 500 кг/м ³	20	0,090
Перекриття: цементно-піщаний розчин	50	0,580
Перекриття: базальтова мінеральна вата, 100 кг/м ³	100	0,038
Перекриття: залізобетон	200	1,690

Для стіни задано повітря всередині +22 °С з коефіцієнтом теплообміну 8,7 Вт/(м²·К), ззовні –22 °С та 23 Вт/(м²·К). Для верхньої і нижньої поверхонь перекриття задано +22 °С та 10 Вт/(м²·К). Торці у схемі позначені «Без ГУ». Ці фактичні умови прогону слід відрізняти від окремої нормативної постановки для перевірки мінімальної температури поверхні: поверхневі опори з іншої задачі сюди не підставляють.

Розмір сітки — 9 × 14; модель містить 100 вузлів і 76 елементів. Це початкова демонстраційна сітка. Для відтворення прикладу використовуйте значення λ з табл. 13.1, які відповідають розрахунковому звіту.

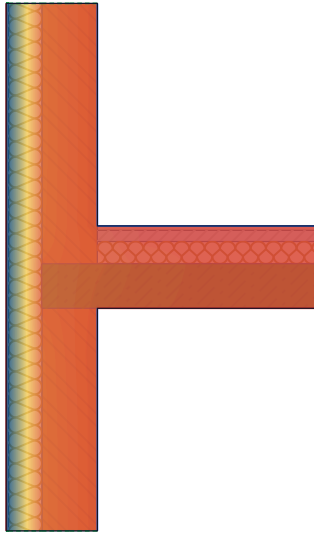


Рис. 16. Температурне поле виконаного 2D FEM-прогону в CadEE.pro. Граничні температури повітря: -22 та $+22$ °C.

Кольори від синього до червоного відповідають переходу від холодної зовнішньої ділянки до теплої внутрішньої. У зоні примикання перекриття поле відхиляється від плоскопаралельного: тепловий потік перерозподіляється між матеріалами. Суцільний зовнішній теплоізоляційний шар послаблює цей вплив, але не робить вузол однорівневим.

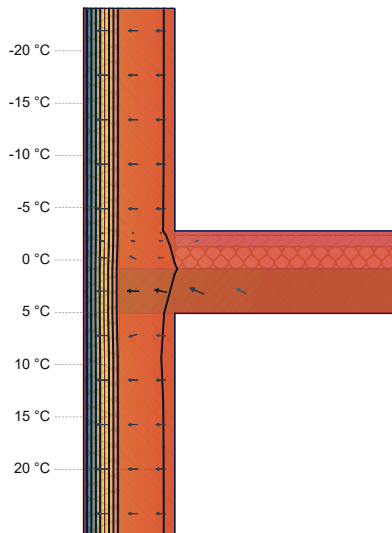


Рис. 17. Температурне поле з ізотермами та напрямками потоку того самого прогону CadEE.pro.
Для друку підписи ізотерм винесено ліворуч; геометрію поля не змінено.

Ізотерми дають змогу простежити викривлення температурного поля біля стику. Зображення з кольоровим полем та з ізотермами належать одному розв'язанню; це два режими перегляду, а не два незалежні числові експерименти.

Таблиця 13.2. Результат виконаного прогону

Показник	Значення
Різниця температур повітря	44 K
Тепловий потік на метр довжини вузла	20,532078 Вт/м
Коефіцієнт теплового зв'язку L^{2D}	0,466638 Вт/(м·K)
Опір однорідної стіни за звітом	4,472 м²·K/Вт
Коефіцієнт теплопередачі стіни за звітом	0,2236 Вт/(м²·K)
Лінійний коефіцієнт теплопередачі Ψ	0,019439 Вт/(м·K)

Ручний контроль починають із ділення потоку на різницю температур: $20,532078/44 = 0,466638 \text{ Вт/(м·К)}$. Далі віднімають одновимірний внесок стіни довжиною 2 м: $0,466638 - 0,2236 \cdot 2 \approx 0,0194 \text{ Вт/(м·К)}$. Різниця останніх знаків пов'язана з округленням U у таблиці. Перекриття між приміщеннями з однаковою температурою в цьому прогоні не утворює окремого одновимірного внеску між внутрішнім та зовнішнім повітрям.

Оцінка якості результату. У таблиці вузлових температур звіту є максимум 22,10 °С за найбільшої заданої температури повітря 22 °С. Цей вихід за межі граничних температур є підставою перевірити числовий розв'язок і згущення сітки; його не тлумачать як фізичне нагрівання конструкції. Наведене Ψ є навчальним результатом на початковій сітці. Для його використання у проєкті необхідна перевірка збіжності. Висновок щодо конденсації або плісняви за цим зображенням не формулюють.

Код K4 відкриває типовий вузол «Однорідна стіна та перекриття». Перед натисканням «Запустити розрахунок MSE» зіставте геометрію, матеріали й граничні умови з цим підрозділом. Посилання відкриває поточний шаблон сайту, а не незмінний архів виконаного прогону.



Розрахунок K4
Вузол стіни й перекриття

Збережіть власний PDF-звіт, перевірте потік і коефіцієнт Ψ . За наявності доступу до параметрів сітки повторіть розрахунок зі згущенням, порівняйте результат і температурні екстремуми. До виконання цих перевірок використовуйте наведене поле лише як навчальну ілюстрацію.

14. Енергоефективність будівлі (бета)

Фізичний зміст показника. Розрахунок об'єднує все попереднє: опори огорожень, теплові мости, теплопередачу до ґрунту, вентиляцію, теплонадходження та інженерні системи. Він дає чотири різні результати, які не можна підмінити одним:

Таблиця 14.1. Результати розрахунку енергоефективності

Результат	Позначення	Що означає
Енергопотреба	$Q_{H,nd,m}$, $Q_{C,nd,m}$, річні $Q_{H,nd}$, $Q_{C,nd}$	Скільки теплоти потребує будівля для підтримання заданої температури, без втрат інженерних систем

Результат	Позначення	Що означає
Енергоспоживання	$Q_{H,use}, Q_{C,use};$ питоме EP_{use}	Енергія, яку споживають системи опалення й охолодження з урахуванням їхніх втрат і допоміжної енергії
Первинна енергія	EP_p	Енергоспоживання всіх систем, перераховане з коефіцієнтами первинної енергії енергоносіїв (Методика, наказ № 169)
Клас	A...G	Визначається за відхиленням ΔEP від граничного EP_p

Від окремого огородження до будівлі. На рівні будівлі властивості конструкцій поєднуються з їхніми площами, орієнтацією, вентиляцією, режимом використання та роботою інженерних систем. Тому зміна одного опору огородження впливає лише на відповідну частину загального енергетичного балансу. Для пояснення ефекту потрібно простежити шлях від зміненого параметра до підсумкового показника.



Відео С1
Енергетичний
розрахунок

Спочатку сформуєте узгоджений опис будівлі: геометрію, призначення, огородження та системи. Потім перевірте проміжні складові балансу і лише після цього аналізуйте підсумковий клас. Така послідовність допомагає виявити пропущену площу, невідповідний режим або помилку в параметрах системи, які можуть залишитися непомітними за одним підсумковим числом.

Нормативні вимоги. Умова (1) п. 4.2 ДБН В.2.6-31:2021; EP_{use} — за п. 4.3: для житлових будівель і готелів на одиницю кондиціонованої площі (формула (2)), для громадських — об'єму (формула (3)):

$$EP_{use} \leq EP_p, \quad EP_{use} = \frac{Q_{H,use} + Q_{C,use}}{A_f} \quad \text{або} \quad EP_{use} = \frac{Q_{H,use} + Q_{C,use}}{V} \quad (14.1)$$

Граничне EP_p — за додатком до наказу № 260. Для житлових будинків воно залежить від поверховості та температурної зони:

Таблиця 14.2. Граничне EP_p житлових будинків, кВт·год/м² (додаток до наказу № 260)

Поверховість	Зона I	Зона II
1–3	120	110
4–9	85	75
10–16	75	70

Поверховість	Зона I	Зона II
17 і більше	70	65

Клас визначають за п. 4.5 ДБН В.2.6-31:2021, формулою (51) і табл. 1 розділу XII Методики (наказ № 169):

$$\Delta EP = \frac{EP_{\text{use}} - EP_p}{EP_p} \cdot 100 \% \quad (14.2)$$

Таблиця 14.3. Клас енергетичної ефективності за ΔEP , % (таблиця 1 розділу XII Методики)

Клас	Умова
A	$\Delta EP < -50$
B	$-50 \leq \Delta EP < -20$
C	$-20 \leq \Delta EP \leq 0$
D	$0 < \Delta EP \leq 20$
E	$20 < \Delta EP \leq 35$
F	$35 < \Delta EP \leq 50$
G	$\Delta EP > 50$

Кожна межа належить рівно одному класу; включення меж відповідає таблиці 1 розділу XII Методики. Розділ «Енергоефективність» проєктної документації складають за розділом 7 ДБН В.2.6-31:2021, зведені характеристики — за формами В.1–В.4 додатка В.

Як обчислюють. Місячний метод ДСТУ 9190:2022 (розділ 7). Для кожного місяця $m = 1, \dots, 12$ визначають:

- теплопередачу трансмісією (розділ 8 ДСТУ 9190:2022, додаток Б) та вентиляцією (розділ 9);
- внутрішні й сонячні надходження (розділи 10, 11);
- коефіцієнти використання (розділ 12);
- енергопотребу за формулами (3), (5):

$$Q_{H,nd,m} = \max(0; Q_{H,ht,m} - \eta_{H,g,n,m} Q_{H,g,n,m} - Q_{ve,pre-heat,m}) \quad (14.3)$$

$$Q_{C,nd,m} = \max(0; Q_{C,g,n,m} - \eta_{C,ls,m} (Q_{C,ht,m} + Q_{ve,pre-cool,m})) \quad (14.4)$$

Ці формули описують постійний режим за пп. 7.2.1.1 і 7.2.2.1 ДСТУ 9190:2022. Для кожного режиму окремо підсумовують трансмісію й вентиляцію, внутрішні та сонячні надходження. Трансмісію визначають за формулами (9), (10) стандарту:

$$Q_{tr,H,m} = H_{tr,adj,H,m}(\theta_{int,set,H} - \theta_{e,m})\tau_m \quad (14.5)$$

$$Q_{tr,C,m} = H_{tr,adj,C,m}(\theta_{int,set,C} - \theta_{e,m})\tau_m \quad (14.6)$$

Теплопередача може бути від'ємною. Обмеження нулем застосовують до кінцевої енергопотребы, а не до кожного доданка трансмісії. Наприклад, для 100 Вт/К, 720 год і зовнішніх 30 °С задані внутрішні 20 та 26 °С дають відповідно –720 000 і –288 000 Вт·год; їх не можна взаємозамінювати.

Перед місячним розрахунком установлюють режим: постійний, переривчастий або з тривалим невикористанням. Для переривчастого режиму перевіряють умови квазіпостійного режиму за 13.2 та застосовують відповідну процедуру 13.3; для тривалого невикористання — поправки 13.5. Просте множення постійної енергопотребы на частку робочих годин не замінює цих процедур. Пункт 6.2.2 застерігає щодо великих відносних похибок місячних результатів у перехідні місяці.

Річну кількість енергії в кВт·год отримують діленням суми місячних Вт·год на 1000. У питомих показниках додатково вказують площу або об'єм віднесення і розрахунковий рік.

Далі визначають енергоспоживання систем опалення, охолодження і вентиляції (розділ 15), ГВП (розділ 16) і освітлення (розділ 17), а потім первинну енергію та викиди за Методикою. Стандарт допускає одно- або багатозонну модель (п. 6.1.1.1). CadEE.pro застосовує однозонний розрахунок за п. 6.4.1.

Алгоритм.

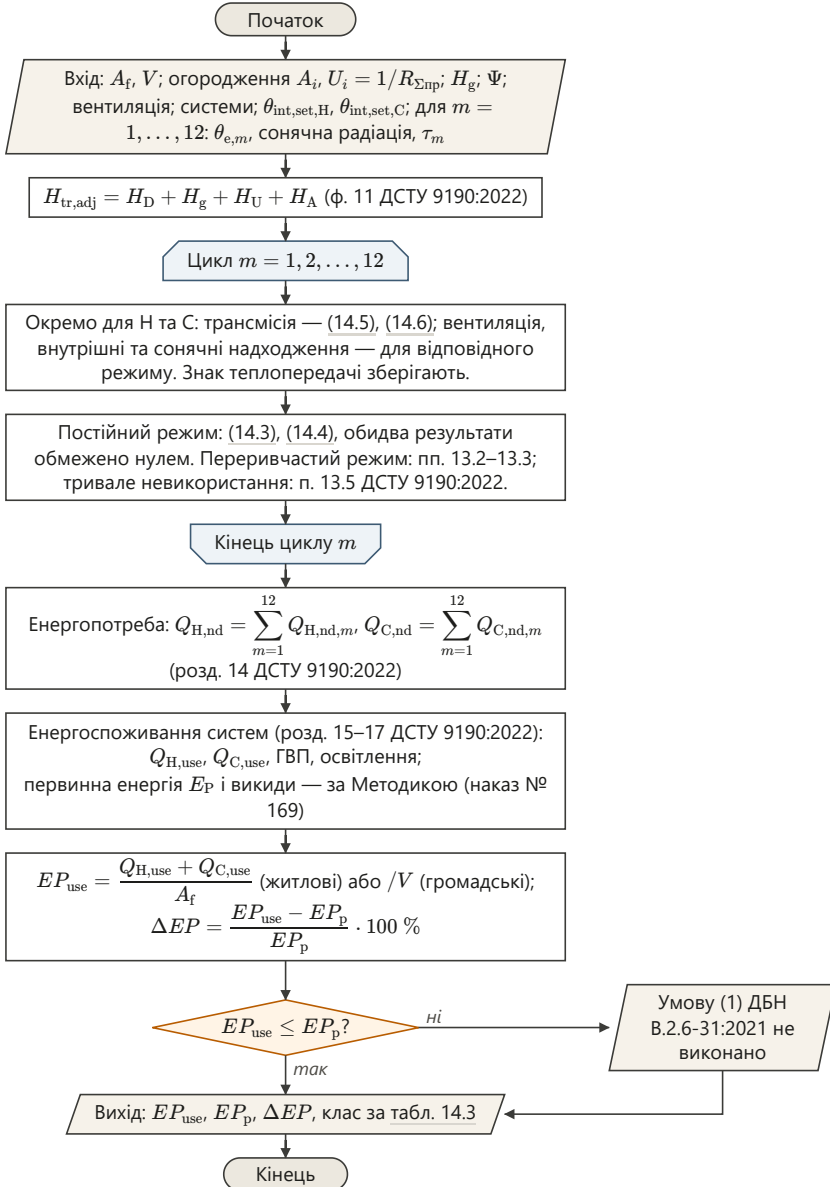


Рис. 18. Алгоритм розрахунку енергоспоживання та класу енергетичної ефективності (однозонна модель)

Індекси. m — місяць, крок 1; H — опалення, C — охолодження; nd — енергопотреба, use — енергоспоживання.

Одиниці. місячні Q — Вт·год (у звіті — кВт·год); $H_{tr,adj}$ — Вт/К; τ_m — год; EP_{use} , EP_p — кВт·год/м² або кВт·год/м³; ΔEP — %.

Межі. чотири результати не взаємозамінні: енергопотреба (Q_{nd}) — потреба будівлі; енергоспоживання (Q_{use}) — з втратами систем; первинна енергія — з коефіцієнтами енергоносіїв; клас — за ΔEP .

Як порахувати в CadEE.pro (cadee.pro/?eecalc=1).

1. «Загальні дані» (зручно в режимі HTML): місто, тип будівлі, рік, орієнтація входу, загальні й кондиціоновані площа та об'єм, поверховість, розміри.
2. Категорія місцевості для восьми напрямків вітру, тип конструкцій (клас теплоємності), тип стін (п. 9.2.3.2 ДСТУ 9190:2022), зона.
3. Конструкції:
 - картки типів (імпорт з теплотехнічного розрахунку «За посиланням»);
 - стіни-фасади за орієнтаціями;
 - вікна й двері з прив'язкою до стіни;
 - покрівля, підлога на ґрунті.

У режимі таблиці перевірте прийняту площу.

4. Інженерні системи: опалення, охолодження, вентиляція, ГВП, освітлення; довжини трубопроводів — за проектом.
5. «Зберегти проєкт» після кожного етапу.
6. «Інтерактивні результати»: клас, EP_{use} і EP_p , первинна енергія, викиди, розрахункові таблиці. Клік по значенню відкриває формулу й залежності.
7. «Звіт DOCX» (після входу): розділи в порядку ДСТУ 9190:2022, додатки і зведені форми В.1–В.4 з таблицею 36 ДСТУ 9190:2022.

Кондиціоновану площу й об'єм визначають за пп. 3.7–3.8 ДСТУ 9190:2022. Площу поверхів вимірюють у внутрішніх межах зовнішніх стін, включаючи внутрішні стіни та опалювані сходові клітки й шахти на кожному поверсі. Для мансарди враховують висоту й нахил покрівлі за стандартом; неопалювані простори не додають лише тому, що вони належать будівлі. Об'єм встановлюють у внутрішніх межах кондиціонованої оболонки. До вихідних даних додайте окрему відомість площ і об'ємів із поясненням включених та вилючених просторів.

Навчальний приклад на заданих результатах. П'ятиповерховий багатоквартирний будинок у Києві (зона I):

- задана кондиціонована $A_f = 1372,5 \text{ м}^2$;

- кондиціонована площа прийнята як заданий знаменник для арифметичної вправи; відомості площ по поверххах у прикладі немає;
- стіни $R_{\Sigma \text{пр}} = 4$, вікна $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;
- центральне опалення $80/60 \text{ }^\circ\text{C}$; природна вентиляція $0,6 \text{ год}^{-1}$.

Наведений набір є стислим описом прикладу й недостатній для незалежного повторення всього енергетичного балансу. Нижче перевіряється класифікація за заданими підсумковими показниками. Для повного розрахунку практичної роботи викладач надає збережений файл проєкту з усіма системами, режимами та огороженнями. Результати розрізняють так:

- енергоспоживання: $EP_{\text{use}} = 57,58 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$; граничне $EP_p = 85 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ (4–9 поверхів, зона І); $EP_{\text{use}} \leq EP_p$ — умову (1) виконано;
- питомий показник споживання первинної енергії за рік — $308,31 \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$, питомі викиди — $59,73 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$. Ці величини не порівнюють з EP_p ;
- клас:

$$\Delta EP = \frac{57,58 - 85}{85} \cdot 100 = -32,26 \% \Rightarrow -50 \leq \Delta EP < -20 \Rightarrow \text{клас В}$$

Аналіз результату. Порівнюючи заходи, зберігайте однаковими клімат і прийнятий режим використання будівлі. Для кожного варіанта зазначте, який саме показник порівнюється: енергопотреба, енергоспоживання, первинна енергія чи клас. Поясніть зміну через складові балансу. Однаковий клас двох варіантів не означає, що їхні числові результати однакові.

Межі застосування. Чи можна не ділити будівлю на зони, проєктувальник перевіряє за критеріями п. 6.3.2.2 ДСТУ 9190:2022. Звіт — розрахункова основа розділу «Енергоефективність»: описові частини, які не отримують розрахунком, доповнюють відповідно до складу проєкту.

Завдання. Для будинку з курсового проєкту визначте клас енергетичної ефективності, обґрунтуйте однозонний розрахунок і запропонуйте два заходи, що змінюють EP_{use} . Покажіть їхній вплив таблицею, окремо для енергопотреби, EP_{use} і класу.

Контрольні питання. Чим енергопотреба відрізняється від енергоспоживання і від первинної енергії? Що таке EP_{use} і EP_p ? Як визначають клас і до якого класу належить $\Delta EP = -20 \%$? За яких умов допускається однозонний розрахунок? Чому енергопотребу рахують помісячно?

У наведеному прикладі опір вікон $0,75 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ нижчий за загальне табличне значення $0,90 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ для зони І. Приклад ілюструє енергетичні підсумки та визначення класу; він не підтверджує відповідність усіх огорожень. Можливість відступу встановлюють лише за застосовними нормативними умовами, а не за самим класом будівлі.

Код K5 відкриває модуль енергоефективності будівлі. Посилання не містить готового проєкту: вихідні дані зони, огорожень та інженерних систем введіть за завданням. Починайте з перевірки геометрії й призначення будівлі, оскільки вони впливають на наступні розділи звіту.

Після розрахунку простежте послідовність від енергопотребі до енергоспоживання систем і первинної енергії. Використовуйте пояснення підрозділів 14.1–14.27, щоб перевірити походження кожного підсумкового показника, а не лише отриманий клас.



Розрахунок K5
Енергоефективність будівлі

14.1. Призначення розрахунку та вихідні дані — розділи 1–2 звіту

Спочатку встановлюють, для якого об'єкта і виду будівельних робіт виконують оцінювання. Призначення будівлі визначає нормативні режими використання, а місце розташування — кліматичні дані. У пояснювальній записці зазначають джерело геометрії, стадію проєктування, прийнятий клімат і склад інженерних систем. Для існуючої будівлі розрізняють обстежені характеристики та проєктні припущення.

Кондиціоновану площу та об'єм визначають за тією частиною будівлі, яку охоплює енергетичний баланс. Загальна площа з техніко-економічних показників не завжди дорівнює кондиціонованій. Перед введенням даних зручно виділити цю частину на планах і розрізах, а потім звірити площі поверхів, висоти та зовнішню оболонку. Помилка в площі впливає і на баланс, і на знаменник питомого показника, тому її не можна виправляти лише в підсумковій таблиці.



Відео C2
Вихідні дані
Вихід: 13.10.2026

Конструкції проєкту готують до формування енергетичного балансу: для кожної конструкції перевіряють склад шарів, умови експлуатації та результати теплотехнічних перевірок. Після додавання до проєкту звіряють її назву й розрахункові характеристики з прийнятою експлікацією огорожень. Однаковий склад шарів може повторюватися на різних фасадах, але площі, орієнтацію та умови межування кожної ділянки задають відповідно до геометрії будівлі.



Відео С3
Конструкції проєкту
Вихід: 14.10.2026

Мета оцінювання визначає вихідні дані. За пп. 18.2–18.4 ДСТУ 9190:2022 для перевірки нормативної відповідності використовують стандартизовані дані, а нестандартні дані супроводжують джерелом і оцінкою точності. Тому розрахунок для сертифікації, прогноз рахунків за фактичним режимом і порівняння інвестиційних заходів можуть мати різні вихідні припущення. Зазначте мету до введення графіків, температур і характеристик систем; зміна мети посеред розрахунку робить порівняння непослідовним.

Геометрія має бути узгодженою. Пункт 6.3.1 задає межі кондиціонованого об'єму за внутрішніми габаритними розмірами. За пп. 6.5.1–6.5.2 межі між внутрішніми s-об'ємами проводять посередині розділювальних конструкцій, а сума цих об'ємів має дорівнювати об'єму зони. Перевірте це окремим підсумком. Не використовуйте одночасно зовнішній будівельний об'єм для осереднення температур і внутрішню площу для питомого показника без пояснення прийнятої геометрії.

14.2. Зонування — розділ 3 звіту

Однозонна модель означає узгоджене осереднення теплових умов будівлі. Можливість такого осереднення перевіряють за п. 6.3.2.2 ДСТУ 9190:2022, а сам розрахунок виконують за п. 6.4.1. Різне призначення приміщень, графіки роботи та задані температури потребують окремого аналізу: наявність однієї адреси або одного теплового вводу сама по собі не обґрунтовує одну зону.

У межах однієї зони можуть працювати кілька систем. За п. 6.4.1.4 для більшої точності допустимо розподіляти енергопотребу між ними пропорційно об'єму, який кожна обслуговує. Випишіть ці об'єми й перевірте повноту охоплення зони. Дві системи не повинні отримати кожна всю енергопотребу будівлі. Для вентиляції додатково зберігають характеристики підзон, адже природний повітрообмін і механічна установка можуть мати різні режими.

Числові пороги зонування. У п. 6.3.2.2.2 ДСТУ 9190:2022 різниця заданих температур до 4 К включно є лише однією з умов можливого об'єднання. Разом перевіряють наявність і спільність систем опалення та охолодження, охоплення вентиляцією щонайменше 80 % площі й умову щодо відмінності вентиляційних характеристик не більше ніж у чотири рази в межах 80 % площі або ймовірності відчинених дверей. Одна лише близькість температур не доводить допустимості однозонної моделі.

Примітки до цього пункту містять окремі спрощення: допустимість однозонного розрахунку для зазначених цілей оцінювання наявних будівель; можливість знехтувати зонуванням для невідповідних зон площею до 15 % включно; можливість застосувати вентиляційні підзони за умовами примітки 2. Ці підстави записують у звіті, а не замінюють загальним твердженням «будівля невелика». У п. 6.3.2.2.1 також дозволено включати малі некондиціоновані частини за порогом 10 % сумарної площі, але тоді їх розглядають як кондиціоновані: це змінює модель, а не просто прибирає рядок з експлікації.

Осереднення — за об'ємом і за місяцями. Пункти 6.4.1.1–6.4.1.3 передбачають об'ємне зважування температур та інших відмінних параметрів. Навчальна перевірка: для 600 м³ при 20 °С та 400 м³ при 16 °С середня температура становить 18,4 °С, а не 18 °С. За допустимого розподілу енергопотребі між системами відповідні частки становлять 0,6 та 0,4. Площа чи паспортна потужність обладнання не замінює s-об'єм у правилі п. 6.4.1.4.

14.3. Теплопередача трансмісією — розділ 4 звіту

Для кожної ділянки оболонки потрібні площа, приведений опір і середовище з іншого боку. Окремо враховують контакт із зовнішнім повітрям, ґрунтом, неопалюваними та суміжними приміщеннями. Вікна і двері пов'язують із відповідним фасадом; перевіряють, що їхні площі не залишилися одночасно у площі непрозорої стіни.

Результат цього етапу — коефіцієнти теплопередачі та місячні кількості переданої теплоти. Для ручного контролю оберіть одну стіну й перевірте внесок площі, поділеної на приведений опір. Далі простежте, до якої складової загального коефіцієнта цей внесок потрапив. Теплові мости враховують узгоджено з визначенням приведенного опору: вже включений у нього внесок не додають повторно. Для підлоги на ґрунті використовують її власний розрахунок, описаний у розділі 12.



Відео С4
Огородження будівлі
Вихід: 15.10.2026

Суміжна стіна не завжди є зовнішньою. За пп. 8.2.2.4.1–8.2.2.4.2 ДСТУ 9190:2022 теплопередачу до суміжної будівлі не враховують, якщо різниця заданих внутрішніх температур не перевищує 4 К. За більшої різниці використовують поправку за температурою суміжної будівлі. Це правило не слід переносити на холодний підвал: для суміжного некондиціонованого об'єму застосовують п. 8.2.2.3. Вибір середовища за огороженням може вплинути на баланс сильніше, ніж невелике уточнення товщини утеплювача.

Ґрунт має власну сезонність. Додаток Б ДСТУ 9190:2022 розділяє стаціонарну та місячну нестаціонарну складові теплопередачі. Перевіряючи місячний звіт, не очікуйте, що потік до ґрунту точно повторюватиме місячну різницю температур зовнішнього й внутрішнього повітря. Для наявних будівель п. 8.2.2.2 передбачає окремий спрощений підхід; обраний метод потрібно назвати, щоб не порівнювати його результати з деталізованою моделлю як тотожні.

14.4. Повітрообмін та інфільтрація — розділ 5 звіту

Теплопередача вентиляцією залежить від витрати повітря, температури його подачі та тривалості роботи. Інфільтрацію пов'язують з огороженнями, вітровими напрямками і характеристиками місцевості. Організовану вентиляцію задають за системами й режимами. Наявність повітряного потоку через негустини не скасовує необхідності забезпечити нормативний повітрообмін.

Перевіряючи звіт, послідовно перегляньте інфільтрацію, прийняті мінімальні витрати, середні витрати та врахування утилізації теплоти. Зменшення вентиляційних втрат рекуператором і електроенергія вентиляторів належать до різних складових балансу. Тому варіант із рекуперацією порівнюють за повним енергоспоживанням, зберігаючи однакову забезпеченість повітрообміном.

Рекуператор працює з організованим потоком. У формулах (27)–(28) ДСТУ 9190:2022 температурний поправковий коефіцієнт множить вентиляційну витрату; інфільтраційна витрата додається окремо. Отже, паспортні 80 % утилізації не означають зменшення на 80 % усіх втрат повітрообміном. За п. 9.2.4 враховують і частку роботи теплоутилізатора: вимкнення чи байпас для захисту від заморожування змінюють ефект. Для двох послідовно врахованих теплоутилізаторів формула (48) дає комбіновану ефективність; арифметична сума відсотків непридатна. Наприклад, 0,5 та 0,5 дають 0,75, а не 1,00.

Тижневий графік застосовують до різних потоків по-різному. Пункт 9.2.1 усереднює організовану витрату через відношення годин роботи до 168 год/тиждень. Для інфільтрації п. 9.2.3 задає 168 год при механічній витяжній або збалансованій припливно-витяжній вентиляції, а при природній вентиляції та

механічній вентиляції з підпором — залишок тижня поза відповідним графіком. Не множьте вже усереднену витрату на той самий часовий коефіцієнт удруге. Для природної вентиляції перевірте також нижню межу витрати з примітки до п. 9.2.2.

14.5. Внутрішні теплонадходження — розділ 6 звіту

Люди, обладнання та освітлення передають теплоту приміщенню. Їхній внесок визначають з урахуванням призначення і графіка використання будівлі. Не слід застосовувати цілодобову потужність до приміщень, які працюють лише частину доби. Для одного місяця перевірте, як питома потужність, площа та час утворюють кількість теплоти.

Внутрішні надходження зменшують потребу в опаленні, але можуть збільшити потребу в охолодженні. Через це вищі надходження не є самостійним заходом енергозбереження. Електроспоживання освітлення і теплота, яку воно віддає приміщенню, мають різне призначення в розрахунку та не підсумовуються як дві витрати тієї самої енергії.

Час використання і святкові дні — різні поправки. Таблиця 6 та п. 10.5 ДСТУ 9190:2022 пов'язують типові надходження від людей, освітлення й обладнання з графіком використання. Під час свят внутрішні надходження за цим пунктом приймають нульовими; для детального розрахунку використовують фактичний або проєктний графік. Значення у Вт/м² не можна множити на всі години року без перевірки, чи це потік у години використання, чи вже усереднена величина.

Теплота від суміжного простору може бути врахована раніше. Пункт 10.4 не дозволяє вдруге додавати внутрішні надходження з некондиціонованого простору або приміщення оранжерейного типу, вже враховані через його температуру та поправку до теплопередачі. Так само відстежуйте надходження від ГВП у формулі (56): це пов'язаний результат розрахунку системи, а не довільний додатковий відсоток до побутової теплоти.

14.6. Сонячні теплонадходження — розділ 7 звіту

Для світлопрозорих конструкцій перевіряють орієнтацію, площу, частку рами, пропускання сонячної енергії склінням та затінення. Сонцезахист може змінюватися за місяцями й режимами опалення та охолодження. Тому одне річне значення затінення не замінює помісячної моделі рухомого захисту.

У звіті простежте перехід від характеристик вікна до його еквівалентної площі, а потім до місячних надходжень. У загальній моделі для непрозорих поверхонь враховують власні характеристики поглинання і теплообміну; спеціальне обмеження для сертифікації наявних будівель наведено нижче. Порівняння двох

варіантів скління має охоплювати і зимові втрати, і літні надходження: менший коефіцієнт пропускання може зменшити охолодження та водночас збільшити опалення.

Для сертифікації наявної будівлі є спеціальне обмеження. Примітка до п. 11.3.1 ДСТУ 9190:2022 передбачає врахування сонячних надходжень лише через світлопрозорі елементи. Загальна методика водночас містить розрахунок і для непрозорих поверхонь. Тому наявність у звіті сонячного внеску стін або покрівлі потрібно звіряти з метою оцінювання; загальну модель не слід автоматично оголошувати сертифікаційною.

Площа вікна не дорівнює площі скла. Формула (59) окремо враховує загальну проєкцію вікна і частку обрамлення. За п. 11.4.3 фактичні дані мають перевагу; за їх відсутності допускаються частки обрамлення 0,3 для віконних і дверних блоків та 0,2 для світлопрозорих фасадів. Якщо ввести вже чисту площу скла й ще раз відняти частку рами, надходження будуть занижені.

Для нерозсіювального скління п. 11.3.3.2 розрізняє пропускання за нормального падіння та осереднене пропускання, застосовуючи поправку 0,90. Коефіцієнт сонячного пропускання не замінюють світлопропусканням. Навчальний контроль: вікно 2 м², частка рами 0,3, нормальне сонячне пропускання 0,67 та відсутність рухомого затінення дають еквівалентну площу 0,8442 м² до поправки на зовнішні перешкоди. За цим прикладом зручно перевірити, на якому етапі у звіті враховано площу, раму та оптичну поправку.

14.7. Динамічні характеристики — розділ 8 звіту

Теплоємність будівлі впливає на використання надходжень і втрат. Частина теплоти накопичується в конструкціях і віддається пізніше, тому просте віднімання всіх надходжень від втрат не відтворює місячного методу. На цьому етапі визначають часові характеристики та параметри коефіцієнтів використання.

Обраний клас теплоємності обґрунтуйте складом конструкцій, які беруть участь у теплообміні з приміщенням. Показник теплової інерції окремої стіни з розділу 9 не є готовою заміною теплоємності всієї будівлі. У порівняльному завданні змінюйте лише обґрунтовані параметри масивності та аналізуйте, у яких місяцях вони помітно змінили потребу.

Одиниці теплоємності легко переплутати. У п. 12.4.2 і таблиці 15 ДСТУ 9190:2022 питома внутрішня теплоємність задана у Вт·год/(м²·К), а не в кДж/(м²·К). Для переходу до кДж множать на 3,6. Наприклад, для навчальної зони площею

100 м² за питомої теплоємності 80 Вт·год/(м²·К) повна теплоємність дорівнює 8000 Вт·год/К. За сумарного коефіцієнта теплопередачі 200 Вт/К часова константа для опалення становить 40 год.

Теплова інерція не є незмінною поправкою. За формулами (79)–(80) часова константа залежить не лише від масивності, а й від теплопередачі трансмісією та вентиляцією; для охолодження враховується також нічне охолодження. Утеплення або зміна повітрообміну змінює знаменник, а отже, й використання надходжень. Значення часової константи базового варіанта не переносять без перерахунку на модернізований.

14.8. Внутрішні умови — розділ 9 звіту

Задані температури, години роботи і перерви описують режим використання, для якого справедливий результат. Погодьте їх із призначенням приміщень та характеристиками систем. У задачах, де дозволено враховувати зниження температури в неробочий час, застосовують відповідну процедуру, а не довільно зменшують усі річні втрати на один відсоток.

У навчальному порівнянні утеплення або обладнання зберігайте режим сталим. Якщо досліджуєте саме керування температурою, винесіть його в окремий варіант і поясніть, коли та в яких приміщеннях змінено умови. Це дозволяє відокремити ефект конструкції від ефекту експлуатації.

Сертифікація і прогноз фактичного режиму мають різні правила. Пункт 13.1.3 ДСТУ 9190:2022 прямо вимагає для енергетичного сертифікування нехтувати переривчастістю та періодом невикористання. Тому економію від нічного зниження температури чи канікул не переносять автоматично в сертифікаційний показник. Це уточнення стосується постановки розрахунку внутрішніх умов; воно не скасовує окремих правил щодо графіків інших складових балансів.

Для задач, у яких переривчастість ураховують, спочатку перевіряють квазіпостійні режими за п. 13.2. За режимом А можливе осереднення температур, зокрема коли коливання менші ніж 3 К або часова константа менша ніж 0,2 найкоротшого чергового періоду. За режимом Б, коли часова константа перевищує утричі найдовший черговий період, використовують звичайну задану температуру. Лише після цієї перевірки переходять до поправок п. 13.3. Коротка нічна перерва в масивній будівлі не означає миттєвого охолодження всього її об'єму.

14.9. Енергопотреба — розділ 10 звіту

Місячні формули (14.3) і (14.4) об'єднують попередні етапи. Для опалення порівнюють теплопередачу з корисною частиною надходжень; для охолодження — надходження з можливістю відведення теплоти. Від'ємну місячну потребу приймають нульовою. Надлишок одного місяця не переноситься як довільний від'ємний доданок до потреби іншого.

Складіть таблицю дванадцяти місяців із трансмісією, вентиляцією, внутрішніми та сонячними надходженнями, коефіцієнтами використання і потребами. Річні підсумки отримуйте після перевірки одиниць. Якщо місячні значення подано у Вт·год, для кВт·год суму ділять на 1000. Саме ця таблиця показує, чому конкретний захід змінює опалення або охолодження.

Місячний баланс не є розрахунком пікової потужності. У п. 6.2.2 ДСТУ 9190:2022 зазначено, що місячний метод коректний для річного підсумку, але окремі місяці біля початку й завершення сезонів можуть мати великі відносні похибки. За місячною енергопотребою не вибирають безпосередньо потужність котла чи холодильної установки: це інша задача з іншими розрахунковими умовами.

Надходження і втрати використовуються не повністю. Пункти 6.2.3–6.2.4 пояснюють роль коефіцієнтів використання: сонце й внутрішня теплота можуть надходити тоді, коли опалення вже не потрібне, а нічні втрати не завжди усувають денну потребу охолодження. Через це не слід віднімати всю річну суму надходжень від усіх річних втрат. Спочатку виконують місячні баланси за п. 7.2, а вже потім підсумовують результати за розділом 14.

14.10. Тривалість роботи — розділ 11 звіту

Тривалість опалювального періоду та роботи обладнання потрібна для наступних розрахунків систем. Її узгоджують з кліматом, режимом і місячною потребою. Календарна тривалість місяця, тривалість опалення та години роботи насоса можуть бути різними величинами.

У звіті перевірте перехідні місяці та перенесення тривалості до системних розрахунків. Не множьте номінальну потужність обладнання на всі години року, якщо модель передбачає сезонну або переривчасту роботу.

У балансі місяця сезон уже враховано. За п. 15.3.1 ДСТУ 9190:2022 для самої місячної енергопотреби окрема поправка на тривалість сезону не потрібна. Водночас п. 15.3.2 вимагає визначати цю тривалість для сезоннозалежних засобів

— трубопроводів, вентиляторів та іншого обладнання. Поширена помилка: вдруге скорочувати місячну енергопотребу на частку опалювальних днів після вже виконаного балансу.

У звіті розрізняйте години місяця, години наявності опалення чи охолодження та години роботи конкретного пристрою. Для вентилятора з тижневим графіком застосовується ще й частка використання цього періоду. Не підставляйте кліматичну тривалість сезону в усі розрахунки обладнання без перевірки визначення відповідного часу.

14.11. Тепловіддача опалення — розділ 12 звіту

Підсистема тепловіддачі охоплює передавання теплоти від приладів до приміщення та пов'язані з цим особливості регулювання. Для неї задають тип приладів, керування і режим. Розрахунок визначає, скільки теплоти має отримати ця підсистема для забезпечення відведеної їй енергопотреби.

Порівнюючи радіаторне й інше опалення, зберігайте однакову потребу приміщень та перевіряйте прийнятні температури і керування. Для кількох систем аналізуйте кожну частку окремо, а підсумок звіряйте із загальною потребою зони.



Відео C5
Інженерні системи
Вихід: 16.10.2026

Ефективність тепловіддачі стосується комфорту й керування. Пункт 15.4.1.1 ДСТУ 9190:2022 пов'язує втрати з нерівномірністю температури в приміщенні, опалювальними панелями у конструкціях і точністю регулювання. Навіть при високому ККД генератора система може витратити зайву енергію через перегрів частини приміщень. Наявність термоголовки сама по собі не описує гідравлічне налагодження: відповідні характеристики розрізняють, зокрема у таблицях 17–18.

Відсоток втрат має базу віднесення. За загальною формулою (93) втрати підсистеми визначають від її виходу як різницю між потрібним входом і корисним виходом. Навчальний приклад без утилізації та допоміжних складових: для виходу 10 000 кВт·год і ефективності 0,90 потрібний вхід 11 111 кВт·год, а втрати — близько 1111 кВт·год. Просто додати 10 % до 10 000 означало б застосувати іншу формулу.

14.12. Розподілення теплоти — розділ 13 звіту

Для трубопроводів важливі довжина, ізоляція, температурний режим і місце прокладання. Втрати в опалюваному приміщенні та поза кондиціонованим об'ємом мають різний вплив на баланс. Тепловтрати, які можуть бути утилізовані,

враховують за методом, не оголошуючи всі втрати труб корисними надходженнями.

На кресленні виділіть ділянки мережі й узгодьте їх із введеними довжинами. Типова помилка — вводити сумарну довжину кількох контурів для кожного з них. Після розрахунку перевірте, як втрати розподілення збільшили потребу на вході підсистеми.

Втрати в теплих приміщеннях повертаються лише частково. За п. 15.5.3 та формулою (115) ДСТУ 9190:2022 утилізована частина втрат труб в опалюваному об'ємі залежить від коефіцієнта використання надходжень і множника 0,9. Наприклад, із 1000 кВт·год потенційно утилізаційних втрат за коефіцієнта використання 0,8 повертаються 720 кВт·год; 280 кВт·год залишаються неутілізованими. Втрати труб у неопалюваних об'ємах до цієї корисної частки не належать.

Арматура й кріплення також віддають теплоту. Пункт 15.5.2.3 додає до довжини трубопроводу еквівалентні частки: 2 % для неізолюваної арматури, 1 % для ізолюваної; 3 % для неізолюваних кріплень і 1 % для ізолюваних. Застосовуйте частки до відповідних ділянок. Формула (112) використовує середню температуру теплоносія за місяць, визначену за погодним регулюванням; розрахункові 80/60 °C не є температурним режимом на кожну годину всього сезону.

14.13. Генерування теплоти — розділ 14 звіту

Джерело теплоти перетворює або передає енергію енергоносія для забезпечення системи. Його характеристики мають відповідати виду обладнання та режиму навантаження. Сезонний результат не слід підміняти паспортним ККД в одній номінальній точці.

У варіанті модернізації джерела перевіряйте одночасно ефективність, вид енергоносія і допоміжне електроспоживання. Зміна джерела може по-різному вплинути на кінцеву та первинну енергію, тому висновок лише за кількістю спожитих кВт·год буде неповним.

Кілька генераторів потребують окремих енергетичних внесків. Пункт 15.6.2.3 ДСТУ 9190:2022 вимагає окремого розрахунку частин, які забезпечують різні типи генераторів. Середнє арифметичне їхніх ефективностей зазвичай не відтворює потрібного входу. Навчальний приклад: два генератори віддають по 5000 кВт·год з ефективностями 0,8 і 1,0; сумарний вхід становить $6250 + 5000 = 11\,250$ кВт·год. Ділення всього виходу на середнє 0,9 дало б інший результат.

За тим самим пунктом ефективність акумулювання вже включена в ефективність генерування в цій спрощеній постановці. Не додавайте до такого результату ще один довільний коефіцієнт бака. Окреме детальне врахування можливе лише з послідовним визначенням меж підсистем, щоб ті самі втрати не з'явилися двічі.

14.14. Енергоспоживання опалення — розділ 15 звіту

Тут зводять результати підсистем і отримують енергію, потрібну для опалення з урахуванням роботи системи. Звірте послідовність передавання результату від тепловіддачі до розподілення і генерування. Утилізовані тепловтрати мають бути враховані саме один раз.

Для контролю порівняйте річну енергопотребу та енергоспоживання і поясніть різницю через розраховані складові. Не застосовуйте до готового системного результату ще один довільний «загальний ККД»: це повторно врахує вже обчислені втрати.

Підсумок складають за енергетичним ланцюгом. За пп. 15.6.1 і 15.7.1 ДСТУ 9190:2022 вихід генерування відповідає входу розподілення, а споживання на вході генерування містить його власні втрати. Тому не підсумовуйте входи всіх підсистем: та сама теплота послідовно проходить через них і була б поражена кілька разів. Перевіряйте стики «вихід попередньої — вхід наступної», а загальне споживання беріть на зовнішній межі системи.

У п. 15.7.3 річний результат подають у кВт·год, тоді як частина місячних формул використовує Вт·год. Контроль множника 1000 виконують до розрахунку питомих показників. Електроенергію допоміжного обладнання звряють окремо за п. 15.8, зберігаючи її енергоносії для наступного зважування.

14.15. Центральний попередній підігрів — розділ 16 звіту

Якщо припливне повітря підігрівається централізовано, цей процес має окрему потребу та споживання. Перевірте витрату повітря, температуру після оброблення, режим роботи і джерело енергії. Теплота, вже врахована при визначенні потреби приміщення, не повинна вдруге зменшувати її в підсумку.

За відсутності центрального попереднього підігріву відповідний етап має нульовий результат із поясненням причини. Це фізично обґрунтований нуль, який відрізняється від пропущених вихідних даних.

Попередній підігрів не можна оплатити в балансі двічі. Примітка 1 до п. 9.2 ДСТУ 9190:2022 пояснює, що його дія врахована зменшенням енергопотреби опалення у формулі (3). Далі розділ 15.9 визначає енергоспоживання самої

системи попереднього підігрівання з її ефективностями. Збереження повної початкової потреби приміщень і додавання нагрівача зверху спричинило б подвійний облік тієї самої теплоти.

Спрощення має визначену мету. Пункт 15.9.3.1 не враховує додаткову енергію центрального попереднього підігрівання в методі сертифікування наявних будівель. Це не твердження про фізичну відсутність електроспоживання. Для детальної оцінки обладнання стандарт відсилає до іншої методики; обраний рівень деталізації зазначає біля відповідного результату.

14.16. Допоміжна енергія опалення — розділ 17 звіту

Насоси та інше допоміжне обладнання споживають електроенергію. Їхні потужності, тривалість роботи й керування перевіряють окремо від теплової енергії джерела. Електроенергію надалі відносять до її енергоносія при обчисленні первинної енергії.

Для навчального аналізу порівняйте сталі й регульовані режими роботи насоса за однакового теплового навантаження. Поясніть, яку частину річного результату змінило керування і чи не залишено в моделі зайві години роботи.

Черговий режим і вимкнений насос — різні стани. У п. 15.5.4.2 ДСТУ 9190:2022 для щоденного нормального режиму 06:00–22:00 наведено поправку 0,87, але за вимкнення насоса в черговий час — 0,69. Для такого нормального режиму з понеділка до п'ятниці за вимкнення насоса наведено 0,60. Ці значення належать саме описаним графікам; їх не вибирають лише за назвою «нічне зниження».

Пункт 15.5.5.2 у сертифікаційному методі не враховує утилізацію тепловтрат від додаткової енергії підсистеми розподілення. Отже, не слід самостійно віднімати всю електроенергію насоса від потреби опалення, пояснюючи це тим, що насос нагрівається. Облік електрики й облік можливого використання її теплоти є окремими операціями.

14.17. Охолодження — розділ 18 звіту

Енергопотребу охолодження перетворюють на енергоспоживання через характеристики холодовіддачі, холодорозподілення та генерування холоду. Потрібні тип системи, температурні режими, керування і характеристики обладнання. Кілька систем обслуговують свої частки зони.

Перевірте місяці з ненульовою потребою та відповідність їм роботи системи. Порівняння сонцезахисту з ефективнішим холодильним обладнанням пояснюйте за двома різними впливами: перший змінює потребу будівлі, другий — енергію

для її забезпечення.

Охолодження містить явну й приховану складові. За п. 15.10.2.1.1 ДСТУ 9190:2022 одна з ефективностей у формулі (129) враховує небажане осушення — енергію конденсації на холодному обладнанні. Тому оцінка за різницею температур без аналізу обраної системи може не пояснити все споживання. Таблицю 29 читають разом з визначеннями її коефіцієнтів, не перемножуючи їх довільно як ККД послідовних ланок.

Сезонний показник має значення. Пункт 15.10.3.2.2 використовує SEER і відповідну ефективність генерування енергії. Заміна сезонного показника одиничним паспортним COP допускається лише за описаних у пункті умов і відповідних випробувань. Число з рекламного буклета без температур випробування та режиму навантаження не є достатнім обґрунтуванням сезонного споживання. У сертифікаційному методі п. 15.10.1.1 окремо не враховує втрати кінцевої підсистеми холодовіддачі; це слід відрізнити від втрат розподілення.

14.18. Допоміжна енергія охолодження — розділ 19 звіту

Електроспоживання допоміжних пристроїв охолодження визначають окремим етапом. Воно залежить від активних систем та їхніх режимів. Перевірте, чи задана потужність стосується одного пристрою або всієї групи і чи вже врахована вона в характеристиці основного обладнання.

Підсумок цього розділу включають до відповідного енергетичного балансу один раз. Поліпшення основного агрегату не гарантує такого самого відсотка економії для насосів та інших допоміжних споживачів.

Регулювання насоса змінює розрахункову залежність. У п. 15.10.2.2.1 ДСТУ 9190:2022 окремі формули (130)–(132) наведено для нерегульованого насоса, постійного перепаду тиску та змінного перепаду тиску. Перевірте, яка характеристика підтверджена проєктом. Наявність частотного перетворювача без заданого закону керування не пояснює вибір конкретної залежності.

Додаткова енергія холодовіддачі за п. 15.10.1.2 включає вентилятори, насоси й керування кінцевими приладами. Не ототожнюйте вентилятор фанкойла з вентилятором подавання зовнішнього повітря: вони виконують різні функції та потрапляють у різні частини звіту. Для суміщеного обладнання перевірте межі обліку, щоб паспортна потужність одного пристрою не була додана в обидва розділи.

14.19. Центральне попереднє охолодження — розділ 20 звіту

Попереднє охолодження припливного повітря розглядають за параметрами центральної установки. Для нього важливі витрата, температура подачі й години роботи. Перевірте узгодження цього етапу з вентиляційною складовою та потребою приміщень.

Якщо такого обладнання немає, результат має бути нульовим із відповідним поясненням. Якщо обладнання є, але його параметри невідомі, нуль не є прийнятною заміною даних.

Температуру подавання звіряють із місцем у системі. Пункт 9.4.1 ДСТУ 9190:2022 обчислює енергопотребу центрального попереднього охолодження за зовнішньою температурою та температурою після відповідного пристрою. Це не обов'язково задана температура кімнати. Пункти 15.13.1–15.13.2 далі враховують ефективність розподілення, холодовіддачі та генерування; ділити потребу лише на один показник без перевірки меж обладнання недостатньо.

Як і для попереднього підігрівання, його дія вже має бути узгоджена з балансом приміщень — див. примітку 1 до п. 9.2 та формулу (5). Пункт 15.13.3.1 передбачає неврахування додаткової енергії цього етапу саме для сертифікування наявних будівель. Детальний експлуатаційний прогноз може мати інший склад споживання; змішувати ці два результати без пояснення не слід.

14.20. Осушення та зволоження — розділ 21 звіту

Оброблення повітря пов'язане не лише зі зміною температури. Для осушення та зволоження потрібні характеристики повітря, витрата й режим центральної установки. Перевірте, які умови запускають кожний процес і як його енергія віднесена до системи. Зволоження потребує окремого врахування кількості доданої вологи та способу її подавання; його не визначають просто зміною знака результату осушення.

Осушення припливного повітря не замінює перевірки конденсації всередині огороження з розділу 7. Це різні розрахункові задачі: одна описує роботу обладнання, інша — вологісний стан матеріалів.

Відносна вологість не підставляється замість вологовмісту. У пп. 15.14.4 та 15.15.1.4 ДСТУ 9190:2022 задані величини мають одиницю г/кг сухого повітря. Відносна вологість у відсотках використовується разом із температурою для визначення цього вологовмісту. Однакові 50 % за різних температур означають різну кількість водяної пари, а отже, різну потребу оброблення повітря.

Погодинний розрахунок тут зберігається навіть у місячному звіті. Пункти 15.14.3 та 15.15.1.3 вимагають погодинних даних репрезентативного дня з умовами ввімкнення й вимкнення. Спочатку перевіряють наявність самого осушувача чи зволожувача; за пп. 15.14.1 та 15.15.1.1 ці потреби визначають за наявності відповідних засобів. Нульовий рядок без обладнання не є доказом того, що задана вологість у приміщенні фактично забезпечується.

14.21. Вентиляція — розділ 22 звіту

Підсумкове енергоспоживання вентиляції узгоджують із роботою вентиляторів та передбаченим обробленням повітря. Природна вентиляція не потребує електроенергії вентилятора, але пов'язана з теплопередачею через повітрообмін, яка вже увійшла до потреби опалення та охолодження.

Для механічної системи зіставте витрату й час роботи з електроспоживанням. У варіанті з рекуперацією покажіть окремо зменшення теплової потреби та зміну електроенергії. Саме так можна пояснити загальний ефект установки без подвійного рахунку.

Після опалювального сезону вентилятор може продовжувати працювати. Формула (144) ДСТУ 9190:2022 визначає час для другого режиму через залишок від 8760 год після опалювального періоду, з урахуванням тижневого графіка. Це не обов'язково лише години роботи холодильної машини. Для вентиляційних підзон електроспоживання підсумовують за механічними системами, як пояснює примітка до п. 15.15.2.1.

Перевірка одиниць SFP. У формулах (145)–(146) витрата задана в $\text{м}^3/\text{год}$, а питома потужність — у $\text{кВт}/(\text{м}^3/\text{с})$, тому необхідне ділення на 3600. Навчальний приклад: $1800 \text{ м}^3/\text{год}$ і $\text{SFP} = 2 \text{ кВт}/(\text{м}^3/\text{с})$ дають потужність 1 кВт; за 2000 год — 2000 кВт·год. Таблиця 32 задає значення для конкретного виду системи; не додавайте автоматично ще один такий самий внесок за рекуператор. За п. 15.15.2.3 його окреме споживання та керування в цій спрощеній методиці не враховують.

14.22. Енергопотреба для гарячого водопостачання — розділ 23 звіту

Потребу ГВП визначають за призначенням будівлі та відповідними нормативними даними, зокрема таблицею 33 ДСТУ 9190:2022. Зафіксуйте обраний тип будівлі та величину, до якої віднесено нормативне споживання. Не підміняйте нормативний режим випадковим короточасним показом лічильника.

Результат характеризує потребу у теплоті для води. Він ще не містить усіх втрат зберігання, розподілення та генерування, які визначають на наступному етапі.

Таблиця 33 задає річну потребу на площу. Пункт 16.1.2 ДСТУ 9190:2022 дозволяє ці питомі дані за відсутності точних відомостей. Наприклад, для багатоквартирного будинку наведено 20 кВт·год/м², для одноквартирного — 15, для офісу — 10. Навчальний контроль для багатоквартирного будинку площею 1000 м²: річна енергопотреба ГВП дорівнює 20 000 кВт·год до втрат системи. Повторне множення на 365 діб було б помилкою.

Наявність виміряного водоспоживання не означає, що ним можна без пояснення замінити нормативний режим сертифікації. Для детальніших задач п. 16.1.2 відсилає до розрахунку за обсягом води, призначенням будівлі, типом і використанням системи. Збережіть у записці, який саме підхід обрано, та не застосовуйте одночасно питому річну потребу й окрему потребу за літрами до тих самих споживачів.

14.23. Енергоспоживання ГВП — розділ 24 звіту

Враховують прийнятну систему приготування води, мережу, циркуляцію, ізоляцію та допоміжні пристрої. Розділяйте трубопроводи в опалюваних і неопалюваних просторах. Насос враховують, коли він справді передбачений схемою.

Порівняйте потребу та споживання, пояснивши різницю втратами й роботою обладнання. Для заходу з утеплення труб зберігайте однаковою потребу користувачів у воді; тоді видно саме ефект системного рішення.

Відсутність циркуляції не означає відсутності втрат. Пункт 16.2.1.8 ДСТУ 9190:2022 враховує зливання непрогрітої води до досягнення потрібної температури; ці втрати є повністю неутилізаційними. У таблиці 34 для багатоквартирного будинку або готелю без циркуляції наведено 25 % додаткових втрат, зі статично збалансованими циркуляційними стояками — 15 %. Для описаних у таблиці автоматично збалансованих систем цей доданок дорівнює нулю, але залишаються втрати трубопроводів і робота насоса. Примітка для індивідуальних електронагрівачів також обнуляє лише цей доданок.

Насос і тепло труб оцінюють разом. За п. 16.2.1.9.2 без точного графіка приймають 24 год роботи насоса на добу як найгіршу ситуацію. Для навчального насоса 30 Вт це 21,6 кВт·год за 30 діб. Скорочення графіка може зменшити електроспоживання, але впливає на охолодження води та наступний прогрів. Пункт 16.2.1.10.2 окремо нагадує: частина теплоти ГВП збільшує навантаження охолодження, тому утеплення труб має літній ефект, який легко пропустити.

14.24. Освітлення — розділ 25 звіту

Вихідними даними є площі, встановлені потужності, час використання та спосіб керування освітленням. Перевіряйте відповідність функціональних ділянок графікам роботи. Денне світло й автоматичне керування враховують через передбачені методикою параметри.

Окремі складові, зокрема аварійне освітлення або споживання пристроїв керування, залежать від фактичного складу системи. Після зміни освітлення перегляньте також внутрішні теплонадходження: економія електроенергії може супроводжуватися зміною потреби опалення та охолодження.

Денне світло не скорочує нічну складову. У формулі (157) ДСТУ 9190:2022 поправка на природне освітлення стосується годин світлого часу доби. Застосування її до всього річного часу завищить економію. Питому встановлену потужність задають у Вт/м²; після множення на площу й години результат переводять із Вт·год у кВт·год.

«Паразитна» енергія у таблиці вже є річною. У таблиці 35 показники заряду аварійних світильників та керування наведені в кВт·год/(м²·рік), хоча в поясненні вони названі потужностями. У формулі (158) їх множать на відповідні площі без додаткового множення на години. Наприклад, табличні 5 кВт·год/(м²·рік) на площі керованого освітлення 200 м² дають 1000 кВт·год за рік. Площі аварійного й керованого освітлення можуть бути різними; жодна з них не повинна автоматично дорівнювати всій площі будівлі.

14.25. Первинна енергія та викиди — розділ 26 звіту

Спочатку річну доставлену енергію всіх систем групують за енергоносіями. Електроенергія насосів, вентиляторів і освітлення входить до спільного електричного підсумку. Для кожного носія застосовують відповідний коефіцієнт первинної енергії. Експорт враховують окремо за Методикою; власне виробництво, спожите всередині будівлі, не можна одночасно записати як експорт.

Формули (45)–(47) розділу XI Методики, затвердженої наказом № 169, можна записати так:

$$E_P = \sum_i E_{\text{del},i} f_{P,\text{del},i} - \sum_i E_{\text{exp},i} f_{P,\text{exp},i}, \quad e_P = \frac{E_P}{A_f} \quad (14.7)$$

Тут доставлені та експортовані кількості енергії мають одиницю кВт·год за рік, коефіцієнти первинної енергії — безрозмірні, а питомий результат — кВт·год/(м²·рік). Для викидів застосовують аналогічне зважування коефіцієнтами викидів за формулами (48)–(50). Якщо коефіцієнт задано в г/кВт·год, добуток переводять у кілограми діленням на 1000; коефіцієнт у кг/кВт·год такого ділення не потребує. Одиниці перевіряють для кожного доданка, у тому числі експорту.

Для ручного контролю достатньо таблиці з енергоносієм, доставленою енергією, експортом, коефіцієнтами та зваженими внесками. Суму цієї таблиці звіряють зі звітом. Первинна енергія описує інший рівень оцінювання, ніж енергопотреба приміщень, тому їх не порівнюють як дві оцінки тієї самої величини.

Порівнюйте енергоносії після визначення межі обліку. Формули (45)–(47) розділу XI Методики, затвердженої наказом № 169, зважують доставлену та експортовану енергію, а не безпосередньо теплоту, віддану приладами у кімнату. Для теплового насоса спочатку визначають спожиту електроенергію на вході системи; повторне зважування її, і тієї самої виробленої теплоти означало б подвійний облік. Для централізованого тепlopостачання перевіряють, яку енергію вже виміряно на межі будівлі та які перетворення враховано у відповідному коефіцієнті.

Менші кВт·год не завжди означають меншу первинну енергію чи викиди.

Під час переходу між енергоносіями змінюються вагові коефіцієнти. Це висновок із структури формул, тому заходи порівнюють щонайменше за доставленою енергією кожного носія, первинною енергією та викидами. Не додавайте обсяг газу в м³ до електроенергії в кВт·год; до зважування всі кількості мають бути приведені до узгодженої енергетичної одиниці з указаним джерелом перерахунку.

14.26. Клас енергоефективності — розділ 27 звіту

Для класу використовують питоме енергоспоживання опалення й охолодження та відповідне граничне значення. Суму споживання всіх систем і первинну енергію не підставляють замість цього показника. Перевірте тип будівлі, поверховість, температурну зону і знаменник питомого результату перед визначенням відхилення.



Відео С6
Енергетичний клас
Вихід: 17.10.2026

Межі класів наведено в табл. 14.3 за таблицю 1 розділу XII Методики. Рівно мінус 50 % належить класу В, мінус 20 % — С, нуль — С, плюс 20 % — D, плюс 35 % — Е, плюс 50 % — F. Клас і виконання мінімальної вимоги формулюють окремо з урахуванням виду робіт. За наказом № 260 для нового будівництва та реконструкції зі зміною функціонального призначення встановлено щонайменше клас С; для інших передбачених ним випадків реконструкції та капітального ремонту застосовують межу 1,2 від граничного питомого енергоспоживання. Область застосування вимоги зазначають у висновку.

Поліпшення одного підсумку може не змінити клас. За п. 1 розділу XII Методики, затвердженій наказом № 169, клас у цій постановці визначається показником опалення та охолодження. Тому зниження електроспоживання освітлення або потреби ГВП не можна механічно віднімати від чисельника для класу. Воно змінює відповідні підсумки енергоспоживання та первинної енергії; зміна внутрішніх надходжень може додатково вплинути на опалення й охолодження через повторний баланс.

Рішення на межі приймають до округлення. Це правило числової перевірки, яке впливає з точних меж таблиці класів. Якщо відхилення становить –19,96 %, показ на екрані «–20 %» після округлення не дає підстав віднести його до класу В: за неокругленим значенням це клас С. Аналогічно перевіряйте нормативну нерівність за вихідною точністю, а для читача подавайте достатню кількість знаків, щоб висновок був зрозумілий.

14.27. Зведені показники — розділ 28 звіту

У завершальній таблиці збирають енергопотреби, енергоспоживання систем, первинну енергію, викиди та питомі характеристики. Біля кожного питомого числа має бути зрозуміло, що включено в чисельник і яку площу або об'єм використано в знаменнику. Однакове слово «енергоспоживання» без складу систем недостатнє для порівняння.



Відео С7
Звіт DOCX
Вихід: 18.10.2026

Звірте річні суми з місячними та системними таблицями. Порівняйте базовий і поліпшений варіанти, поясніть причину економії та перевірте виконання застосовних вимог.

Звіт має дозволяти відтворення, а не лише показувати клас. Пункти 18.1–18.5 ДСТУ 9190:2022 вимагають простежуваності даних, припущень та методу; таблиця 36 є обов'язковим складом інформації річної оцінки за цим стандартом. Збережіть обґрунтування зонування, джерела нестандартних даних, місячні складові балансу й річні результати систем. Підсумкова діаграма без цих відомостей не замінює розрахункового звіту.

Для порівняння варіантів складіть коротку таблицю змінених параметрів. Клімат, площа віднесення, мета оцінювання та нормативний режим мають залишатися зіставними, якщо сам захід їх не змінює. Окремо поясніть непрямі ефекти: утеплення змінює часову константу, освітлення — внутрішні надходження, рекуперація — і втрати теплоти, і роботу вентиляторів. Таке пояснення показує причину економії та допомагає виявити результат, отриманий лише завдяки випадковій зміні вихідних даних.

15. Звіт про роботу і оцінювання

Збереження розрахункового звіту завершує роботу з обраним варіантом. Перед експортом перевірте, що у звіті наведені саме ті шари, кліматичні умови й режими, які ви аналізували. Збережіть доступний для цього розрахунку PDF або DOCX разом із посиланням «Поширити». Після відкриття файла звірте вихідні дані та підсумкові значення з результатами на екрані.



Відео А6
Збереження звіту
Вихід: 16.10.2026

Редагований документ доповнюють поясненнями та порівнянням варіантів. Якщо потрібно змінити вихідні дані, спочатку повторіть розрахунок і сформуєте новий звіт: виправлення окремих чисел у файлі розриває зв'язок між формулами, таблицями та висновком.

Звіт про завдання будь-якого розділу 2–14 складається з таких частин:

- 1. Титульний аркуш, номер варіанта, мета роботи.
- 2. Нормативна вимога: умова, пункт норми, граничне значення для свого варіанта.
- 3. Вихідні дані: тип будівлі, місто, температурна зона, умови експлуатації, таблиця шарів з точними назвами матеріалів з каталогу.
- 4. Розрахунковий звіт CadEE.pro (PDF або DOCX) і посилання «Поширити», за яким викладач відтворює розрахунок.
- 5. Ручна перевірка ключової формули розділу за даними звіту, у позначеннях цих вказівок.
- 6. Аналіз варіантів із завдання: таблиця або графік.
- 7. Висновок з посиланням на пункт норми та межами застосування результату.

У штампі звіту (кабінет → «Штамп») студент зазначає себе в полі «Розробив», викладача — в полі «Перевірив». Звіт DOCX доповнюють висновками, але розрахункові значення вручну не змінюють.

Таблиця 15.1. Критерії оцінювання

Критерій	Бали
Точне формулювання нормативної вимоги та фізичного змісту показника	15
Коректні вихідні дані за варіантом (перевіряється за посиланням)	15
Ручна перевірка збігається зі звітом	20

Критерій	Бали
Аналіз варіантів і пояснення залежностей	20
Висновок з посиланнями на норми та межами застосування	15
Захист: відповіді на контрольні питання розділу	15

Робота не зараховується, якщо:

- числа в звіті виправлено без перерахунку;
- посилання «Поширити» відкриває інші вихідні дані.

Розподіл балів і набір розділів для дисципліни викладач визначає за робочою програмою. Кожен розділ розраховано приблизно на 2 академічні години, розділ 14 — на 4–6 годин.

Як побудувати змістовний висновок

Першим реченням назвіть об'єкт і перевірку: наприклад, опір теплопередачі зовнішньої стіни для заданого міста та типу будівлі. Далі наведіть отримане значення з одиницею вимірювання, відповідну межу й результат порівняння. Після чисел поясніть причину: який шар, геометричний параметр або режим найбільше вплинув на результат.

Якщо ви змінювали конструкцію, порівняйте початковий і прийнятий варіанти. Слова «результат покращився» замініть конкретним описом: опір збільшився, температурний перепад зменшився або змінився сезонний баланс вологи. Завершіть висновок указівкою на межі виконаної перевірки. Так читач зрозуміє, що саме обґрунтовано розрахунком і які питання залишаються відкритими.

Що робити, коли числа не збігаються

Спочатку звірте вихідні дані: одиниці товщини, матеріали та густини, увімкнені шари, їхній порядок, місто й тип конструкції. Потім перевірте умови експлуатації та характеристики, фактично використані у звіті. Лише після цього порівнюйте підстановку у формулу. Розбіжність останнього знака через округлення й розбіжність через інші вихідні дані мають різні причини та потребують різного пояснення.

Якщо причину не встановлено, зафіксуйте обидва результати й місце, де розрахункові ланцюжки починають відрізнятися. Такий запис дає викладачеві матеріал для перевірки. Виправлення підсумкового числа вручну приховує причину розбіжності та позбавляє роботу відтворюваності.

16. Варіанти індивідуальних завдань

Варіант визначається за номером у списку групи. Шари задають від внутрішньої поверхні до зовнішньої; усі варіанти мають внутрішню штукатурку 20 мм. Товщину утеплювача студент визначає в завданні розділу 2 і далі використовує цю стіну в розділах 3–9 і 13. Матеріал обирають у каталозі калькулятора. У звіті записують точну назву рядка каталогу, густина і прийняті λ_i , s_i , μ_i , щоб розрахунок відтворювався однаково.

Варіант задає основу навчальної задачі. Перед початком роботи уточніть із викладачем характеристики, яких немає в таблиці, і запишіть їх у вихідних даних. Наведені поєднання матеріалів призначені для дослідження; їхню придатність встановлюють за результатами відповідних перевірок.

Таблиця 16.1. Варіанти індивідуальних завдань

№	Тип будівлі	Місто	Основа стіни, мм	Утеплювач	Зовнішній шар
1	Одноквартирний будинок	Київ	Цегла керамічна повнотіла, 380	Мінеральна вата	Штукатурка, 10
2	Багатоквартирний будинок	Львів	Залізобетон, 200	ЕППС	Штукатурка, 10
3	Заклад освіти	Харків	Газобетон, 300	Мінеральна вата	Штукатурка, 10
4	Заклад охорони здоров'я	Одеса	Цегла керамічна повнотіла, 250	ПСБ (пінополістирол)	Штукатурка, 10
5	Одноквартирний будинок	Вінниця	Дерев'яний каркас (гіпсокартон, пароізоляція)	Мінеральна вата + каркас $b = 50$, $p = 600$ мм	Плити деревностружкові, 12
6	Багатоквартирний будинок	Дніпро	Цегла керамічна повнотіла, 510	Мінеральна вата	Лицьова цегла, 120
7	Офіс	Полтава	Залізобетон, 160	Мінеральна вата	Штукатурка, 10
8	Готель	Ужгород	Газобетон, 375	ПСБ (пінополістирол)	Штукатурка, 10
9	Заклад дошкільної освіти	Чернігів	Цегла силікатна, 380	Мінеральна вата	Штукатурка, 10
10	Одноквартирний будинок	Миколаїв	Газобетон, 300	ЕППС	Штукатурка, 10
11	Багатоквартирний будинок	Суми	Керамзитобетонні блоки, 390	Мінеральна вата	Штукатурка, 10

№	Тип будівлі	Місто	Основа стіни, мм	Утеплювач	Зовнішній шар
12	Заклад освіти	Луцьк	Залізобетон, 200	ПСБ (пінополістирол)	Штукатурка, 10

Додаткові умови для окремих розділів:

- **Розділ 10.** Студенти всіх варіантів беруть каркасну стіну варіанта 5 у своєму місті. Якщо там $\theta_{e,ж} < 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ і перевірка не потрібна, беруть Одесу.
- **Розділи 11–12.** Беруть підлогу з контрольного прикладу зі своїм покриттям: паркет — непарні варіанти, керамічна плитка — парні. Розміри будинку $(10 + N_B) \times (12 + N_B)$ м, де N_B — номер варіанта.
- **Розділ 14.** Вихідні дані дає курсовий проєкт; без нього — будинок з контрольного прикладу в місті свого варіанта.

17. Нормативна база і довідкові сторінки

Таблиця 17.1. Нормативні документи і розділи вказівок

Документ	Розділи вказівок
ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»	2–5, 7, 8, 10–12, 14
ДСТУ 9191:2022 зі Зміною № 1 — приведений опір, характеристики матеріалів (табл. А.1), коефіцієнти тепловіддачі (табл. Б), Ψ і χ_j	2, 3, 6, 9, 11, 12
ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 — теплова інерція, теплостійкість, теплозасвоєння підлоги	9–11
ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 — повітропроникність	8
ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 — опір паропроникненню, тепловологісний стан	4, 6, 7
ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 — будівельна кліматологія	8, 10
ДСТУ 9190:2022 — енергоспоживання будівель, теплопередача до ґрунту (додаток Б)	12, 14
Методика визначення енергетичної ефективності будівель (наказ № 169)	14
Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель (наказ № 260)	14
ДСТУ EN ISO 10211:2022 (EN ISO 10211:2017, IDT; ISO 10211:2017, IDT)	3, 13
ДСТУ EN ISO 6946:2022 (EN ISO 6946:2017, IDT; ISO 6946:2017, IDT)	12, 13
ДСТУ EN ISO 13788:2022 (EN ISO 13788:2012, IDT; ISO 13788:2012, IDT)	5, 13

Перед заняттям викладач звіряє чинні редакції документів за офіційними джерелами. Наведені числові приклади мають навчальне призначення; їх вихідні характеристики фіксовані. Після оновлень бази матеріалів чи кліматичних даних їх звіряють з актуальним звітом.

Довідкові сторінки CadEE.pro з нормативними витягами, прикладами звітів і відеуроками:

Розділ вказівок	Сторінка
1	cadee.pro/teplotekhnichniyi-rozrakhunok
2, 3	cadee.pro/opir-teploperedachi
4	cadee.pro/temperatura-vnutrishnoi-poverkhni
5	cadee.pro/rozrakhunok-tochky-rosy , cadee.pro/tochka-rosy
6	cadee.pro/opir-paropronyknenniu
7	cadee.pro/teplovohisnyi-stan
8	cadee.pro/povitropronyknist
9	cadee.pro/teplova-inertiia
10	cadee.pro/teplostiikist-vlitku
11	cadee.pro/teplozasvoiennia-pidlohy
12	cadee.pro/pidloha-po-gruntu
13	cadee.pro/teplovi-mistky
14	cadee.pro/enerhoefektyvnist-budivli

Нормативні видання. ДСТУ 9191:2022 застосовують зі Зміною № 1, чинною з 01.10.2025. Для МСЕ розрізняють базове нормативне посилання та використане видання ISO 10211:2017; національне прийняття — ДСТУ EN ISO 10211:2022 (IDT).

18. Список використаних джерел

Нормативні документи наведено з повними позначеннями. Довідкові сторінки й інтерфейс CadEE використано для пояснення роботи сервісу та ілюстрацій. Дата звернення до електронних матеріалів цієї редакції — 13.10.2026.

1. **ДБН В.2.6-31:2021.** Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.
Електронна копія.

2. **ДСТУ 9191:2022.** Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Електронна копія основного тексту. Зміна № 1.
3. **ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013.** Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосасвоєння огорожувальних конструкцій.
4. **ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013.** Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій.
5. **ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013.** Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій.
6. **ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010.** Будівельна кліматологія.
7. **ДСТУ 9190:2022.** Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання.
8. **Методика визначення енергетичної ефективності будівель**, затверджена наказом Мінрегіону України від 11.07.2018 № 169. Офіційний текст.
9. **Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель**, затверджені наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 27.10.2020 № 260. Офіційний текст.
10. **ISO 10211:2017.** Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures — Detailed calculations. Національне прийняття: **ДСТУ EN ISO 10211:2022** (EN ISO 10211:2017, IDT; ISO 10211:2017, IDT). Бібліографічні відомості.
11. **ISO 6946:2017.** Building components and building elements — Thermal resistance and thermal transmittance — Calculation methods. Національне прийняття: **ДСТУ EN ISO 6946:2022** (EN ISO 6946:2017, IDT; ISO 6946:2017, IDT). Бібліографічні відомості.
12. **ISO 13788:2012.** Hygrothermal performance of building components and building elements — Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation — Calculation methods. Національне прийняття: **ДСТУ EN ISO 13788:2022** (EN ISO 13788:2012, IDT; ISO 13788:2012, IDT). Бібліографічні відомості.
13. **CadEE.pro. Каталог стандартних конструкцій.** Цегляна стіна з мінеральною ватою; дерев'яна каркасна стіна з мінеральною ватою та термічними включеннями. Рисунки та параметри з інтерфейсу теплотехнічного калькулятора; прямі посилання на відповідні конструкції — коди K1 і K2.

14. **CadEE.pro. Підлога на ґрунті.** Довідкова сторінка; джерело ілюстрації теплопередачі у розділі 12. [Електронний ресурс.](#)
15. **CadEE.pro. Розрахунок вузлів FEM.** Типовий вузол «Однорідна стіна та перекриття»; виконаний прогін і PDF-звіт від 13.10.2026, версія інтерфейсу 2026.09.5. Джерело рисунків та результатів підрозділу 13.8. [Відкрити вузол.](#)
16. **CadEE.pro. Довідкові сторінки та відеоуроки.** Тематичні адреси подано у розділі 17, посилання на окремі відеоуроки — поруч із відповідними поясненнями в тексті. [Сайт сервісу.](#)

Додаток А. Словник позначень

Позначення згруповано за темами. Одиниця «1» означає безрозмірну величину.

Термінологічний словник

Словник пояснює основні терміни, одиниці вимірювання та відмінності між близькими за назвою величинами.

Термін / величина	Правило використання
Огороджувальна конструкція	Повна назва об'єкта; «огороження» — лише визначене скорочення.
Теплоізоляційний матеріал / теплоізоляційний шар	Розрізняти матеріал і геометричну складову конструкції.
Густина матеріалу ρ	кг/м ³ ; не питома вага γ .
Розрахункова теплопровідність λ	Вт/(м·К); зазначати умови експлуатації та джерело.
Коефіцієнт теплообміну поверхні h	Вт/(м ² ·К); назву «тепловіддачі» з іншого джерела пояснювати.
Тепловий опір шару R_i	м ² ·К/Вт; для матеріального шару — d/λ.
Опір теплопередачі R_Σ	м ² ·К/Вт; для термічно однорідної моделі.
Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma пр}$	м ² ·К/Вт; обов'язково визначити враховані неоднорідності.
Теплопровідне включення (тепловий міст)	Ділянка огороження зі змінним тепловим потоком через матеріал або геометрію.
Лінійний / точковий коефіцієнт теплопередачі Ψ / χ	Відповідно Вт/(м·К) та Вт/К.
Приведена температура внутрішньої поверхні	Не замінювати температурою будь-якої окремої точки.

Термін / величина	Правило використання
Мінімальна температура внутрішньої поверхні	Указувати область мінімізації та набір граничних умов.
Температура точки роси θ_p	°C; характеристика стану повітря, не фіксована площина.
Коефіцієнт паропроникності	мг/(м·год·Па); у методичці μ , у таблиці А.1 — δ .
Опір паропроникненню	м ² ·год·Па/мг; характеристика шару або сукупності шарів.
Відносна вологість повітря / масова вологість матеріалу	Різні фізичні величини; спільний знак % не робить їх тотожними.
Кількість вологи на одиницю площі	кг/м ² ; окремо накопичення, можливість випаровування та залишок.
Повітропроникність конструкції G	Указувати вид конструкції, одиницю та різницю тисків.
Показник теплової інерції D	Безрозмірна величина; не теплоємність будівлі.
Коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу s	Вт/(м ² ·K); у межах цієї методики — для періоду 24 год.
Показник теплосасвоєння поверхню підлоги Y_f	Вт/(м ² ·K); не замінювати коефіцієнтом s верхнього матеріалу.
Теплостійкість огорожувальної конструкції	Указувати літній період, якщо йдеться про відповідну перевірку.
Підлога на ґрунті	Конструкція підлоги, для якої враховують теплообмін із ґрунтом.
Узагальнений коефіцієнт теплопередачі H	Вт/K; не ототожнювати з U, Вт/(м ² ·K).
Енергопотреба для опалення / охолодження	Указувати зону, період і одиницю кількості енергії.
Енергоспоживання при опаленні / охолодженні	Відокремлювати від енергопотреби; називати склад систем.
Теплопередача трансмісією / вентиляцією	Розрізняти перенесення теплоти через огороження та з повітрообміном.
Внутрішні / сонячні теплонадходження	Розрізняти надходження від внутрішніх джерел і сонячного випромінювання.
Кондиціонована площа / кондиціонований об'єм будівлі	Визначати геометрично за правилами стандарту.
Утилізовані тепловтрати	Не «відновлені втрати»; можливість утилізації описувати окремо.
Тепловіддача / холодовіддача	Назви відповідних кінцевих підсистем опалення / охолодження.

Термін / величина	Правило використання
Додаткова енергія	При першій згадці пояснити роботу допоміжного обладнання.
Енергопотреба для гарячого водопостачання	Енергія, а не об'єм потрібної гарячої води.
Питомий показник споживання первинної енергії	Указувати період та площу або об'єм, до яких віднесено енергоспоживання.
Клас енергетичної ефективності будівлі	Не є самостійним підтвердженням усіх вимог до огорожень.

Пояснення до позначень

Теплопровідне включення (тепловий міст) — ділянка, де тепловий потік відрізняється від однорідного поля. Коефіцієнти U , Ψ та χ мають одиниці Вт/(м²·К), Вт/(м·К) та Вт/К відповідно. Добуток Ψl має одиницю Вт/К і не є тепловою потужністю; для потужності потрібна різниця температур. Теплова потужність Φ вимірюється у Вт, густина теплового потоку — у Вт/м², енергія Q — у Вт·год або кВт·год.

У ДСТУ 9191:2022 поверхневі коефіцієнти названо коефіцієнтами теплообміну; у викладі за ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 і ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 збережено термін «тепловіддачі». Тепловий опір шару, опір теплопередачі однорідної конструкції та приведений опір є різними величинами. Коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу s_i не ототожнюють із показником теплосасвоєння поверхні Y_i , а показник теплової інерції D — з теплоємністю.

Густина масового потоку водяної пари має одиницю мг/(м²·год); приріст масової вологості — %, накопичена волога на одиницю площі — кг/м². Температура точки роси характеризує стан повітря, а не місце в конструкції. Перевірка поверхневої конденсації сама по собі не є повною перевіркою ризику плісняви.

В енергетичному розрахунку розрізняють енергопотребу **для** опалення або охолодження та енергоспоживання **при** опаленні або охолодженні. Додаткова енергія — енергія для роботи допоміжного обладнання. Тепловтрати, які можуть бути утилізовані, ще не дорівнюють фактично утилізованим. Питомий показник споживання первинної енергії за рік наводять із зазначенням площі або об'єму віднесення; для викидів зазначають речовину, одиницю маси та період.

Позначення	Зміст	Одиниця
Індекси та лічильники		

Позначення	Зміст	Одиниця
N	кількість увімкнених шарів конструкції	1
i	номер шару; $i = 1$ — шар біля внутрішньої поверхні (для підлоги — покриття), $i = N$ — зовнішній шар	1
x_i	координата межі після шару i від внутрішньої поверхні; $x_0 = 0$, x_N — зовнішня поверхня	м
m	номер місяця, $m = 1, \dots, 12$ (1 — січень)	1
k	номер у межах розділу: виду лінійного включення (розд. 3) або площини (зони) конденсації (розд. 7)	1
j	номер у межах розділу: виду точкового включення (розд. 3) або складової вузла (розд. 13)	1
n	номер останнього шару перед досягненням порога інерції підлоги (розд. 11), локальне позначення цього розділу	1

Шари і матеріали

t_i	товщина шару i у полі введення	мм
d_i	товщина шару i у формулах, $d_i = t_i/1000$	м
ρ_i	густина матеріалу в сухому стані	кг/м ³
λ_i	розрахункова теплопровідність матеріалу для умов експлуатації А або Б	Вт/(м·К)
s_i	розрахунковий коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу при періоді 24 год	Вт/(м ² ·К)
μ_i	коефіцієнт паропроникності матеріалу	мг/(м·год·Па)
b	ширина теплопровідного включення	м (у полі введення — мм)
p	крок теплопровідних включень	м (у полі введення — мм)
b_M	ширина розрахункової моделі автоматичного вузла включень, $b_M = 2p$	м

Теплопередача

h_{si}	коефіцієнт теплообміну внутрішньої поверхні	Вт/(м ² ·К)
h_{se}	коефіцієнт теплообміну зовнішньої поверхні	Вт/(м ² ·К)
R_{si}	опір тепловіддачі внутрішньої поверхні; у розд. 2 $R_{si} = 1/h_{si}$, у розд. 12, 13 — за ISO 6946:2017	м ² ·К/Вт
R_{se}	опір тепловіддачі зовнішньої поверхні	м ² ·К/Вт
R_i	термічний опір шару, $R_i = d_i/\lambda_i$	м ² ·К/Вт
R_{Σ}	опір теплопередачі термічно однорідної конструкції	м ² ·К/Вт
$R_{\Sigma пр}$	приведений опір теплопередачі	м ² ·К/Вт

Позначення	Зміст	Одиниця
$R_{q\min}$	мінімально допустимий приведений опір (табл. 1, 2 ДБН В.2.6-31:2021)	$\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$
A_{Σ}	загальна площа конструкції у формулі приведенного опору	м^2
Ψ_k, l_k	лінійний коефіцієнт теплопередачі та довжина лінійного включення виду k	$\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К}); \text{м}$
χ_j	точковий коефіцієнт теплопередачі включення виду j	$\text{Вт}/\text{К}$
N_j	кількість точкових включень виду j	1
Ψ_M	лінійний коефіцієнт теплопередачі розрахункової моделі шириною b_M (охоплює всі ребра моделі)	$\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
U	коефіцієнт теплопередачі, $U = 1/R$	$\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$
Температура і вологість		
θ_{int}	розрахункова температура внутрішнього повітря (табл. Б.2 ДБН В.2.6-31:2021)	$^{\circ}\text{C}$
θ_e	розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, $\theta_e = \theta_{e,\text{роз}}$ (табл. Б.4 ДБН В.2.6-31:2021)	$^{\circ}\text{C}$
$\theta_{e,m}$	середньомісячна температура зовнішнього повітря	$^{\circ}\text{C}$
$\theta_{e,\text{ж}}$	середня температура зовнішнього повітря найжаркішого місяця	$^{\circ}\text{C}$
φ_{int}	відносна вологість внутрішнього повітря	%
$\varphi_{e,m}$	середньомісячна відносна вологість зовнішнього повітря	%
$\theta(x)$	температура в площині x конструкції; $\theta(x, m)$ — у місяці m	$^{\circ}\text{C}$
θ_{si}	температура внутрішньої поверхні однорідного поля, $\theta_{\text{si}} = \theta(0)$	$^{\circ}\text{C}$
$\Delta\theta_{\text{int-si}}$	перепад між температурою внутрішнього повітря і внутрішньої поверхні	$^{\circ}\text{C}$
$\Delta\theta_{\text{int-si,max}}$	допустимий перепад (табл. 3 ДБН В.2.6-31:2021)	$^{\circ}\text{C}$
θ_D	температура точки роси внутрішнього повітря	$^{\circ}\text{C}$
$\theta_{\text{si,min}}$	мінімально допустима температура внутрішньої поверхні (п. 5.5.1 ДБН В.2.6-31:2021)	$^{\circ}\text{C}$
$\theta_{\text{tb,si,min}}$	мінімальна температура внутрішньої поверхні в зоні теплопровідного включення, у куті або укосі	$^{\circ}\text{C}$
Γ	допоміжна величина формули Магнуса	1
Пара і волога		
$R_{e,i}$	опір паропроникненню шару i , $R_{e,i} = d_i/\mu_i$	$\text{м}^2\cdot\text{год}\cdot\text{Па}/\text{мг}$
R_e	у записі $R_e(x)$ — опір паропроникненню від внутрішньої поверхні до площини x	$\text{м}^2\cdot\text{год}\cdot\text{Па}/\text{мг}$

Позначення	Зміст	Одиниця
$R_{e\Sigma}$	опір паропроникненню всієї конструкції	м ² ·год·Па/мг
$E(\theta)$	тиск насиченої водяної пари за температури θ (табл. Б.1 ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013)	Па
e_{int}	парціальний тиск пари внутрішнього повітря	Па
$e_{e,m}$	парціальний тиск пари зовнішнього повітря в місяці m	Па
E_k	тиск насиченої пари в площині конденсації k	Па
$\dot{j}_{\text{in},k}$	густина масового потоку водяної пари до площини k з боку приміщення	мг/(м ² ·год)
$\dot{j}_{\text{out},k}$	густина масового потоку водяної пари від площини k назовні	мг/(м ² ·год)
τ_m	тривалість місяця m	год
$B_{k,m}$	розрахунковий баланс у фіксованій зоні; від'ємне значення не дорівнює фактичному видаленню води	кг/м ²
$S_{k,m}$	запас вологи в площині k на кінець місяця	кг/м ²
$V_{k,m}$	фактично видалена вода за місяць у навчальному балансі	кг/м ²
W_{pot}	потенційна можливість випаровування за заданими потоками	кг/м ²
$W_{\text{зп}}$	волога, накопичена за період вологонакопичення	кг/м ²
$W_{\text{лп}}$	нормативна величина вологовіддачі за ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013; не тотожна навчальному потенційному підсумку	кг/м ²
d_w, ρ_w	товщина та густина зволоження шару	м; кг/м ³
Δw	приріст масової вологості матеріалу за період вологонакопичення	% за масою
$\Delta w_{\text{д}}$	допустимий приріст масової вологості (табл. 5 ДБН В.2.6-31:2021)	% за масою
Повітропроникність		
H	висота від підлоги першого поверху до верху витяжної шахти	м
$h_{\text{ел}}$	висота середини елемента від підлоги першого поверху	м
$\gamma(\theta)$	питома вага повітря за температури θ , $\gamma = 3463/(273 + \theta)$	Н/м ³
v	швидкість вітру (табл. 6 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010)	м/с
β_v	коефіцієнт зміни швидкості вітру залежно від висоти будівлі й типу місцевості (табл. 2 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013)	1
$\Delta p, \Delta p_0$	розрахункова різниця тисків повітря; різниця тисків, за якої задано повітропроникність шару	Па
$G_{i,\Delta p}$	повітропроникність шару i за різниці тисків Δp	кг/(м ² ·год)

Позначення	Зміст	Одиниця
n_i	показник степеня характеристики повітропроникності шару i	1
G_k	повітропроникність конструкції	кг/(м ² ·год)
G_n	допустима повітропроникність (табл. 1 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013)	кг/(м ² ·год)
Теплова інерція і теплостійкість		
D_i, D	теплова інерція шару, $D_i = R_i s_i$, і конструкції, $D = \sum_{i=1}^N D_i$	1
Y_i	показник теплосасвоєння зовнішньої поверхні шару i (розд. 10) або поверхні шару i підлоги (розд. 11)	Вт/(м ² ·К)
A_{t_s}	середня амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні	°С
$A_{t_{s,роз}}$	розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря з урахуванням сонячної радіації	°С
$\alpha_{зл}$	коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні в літніх умовах	Вт/(м ² ·К)
$v_{роз}$	розрахункова швидкість вітру, $v_{роз} = \max(v; 1 \text{ м/с})$	м/с
χ_{sol}	коефіцієнт поглинання сонячної радіації зовнішньою поверхнею (табл. Б.1 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013)	1
I_{max}	максимальна сумарна сонячна радіація найжаркішого місяця	Вт/м ²
$I_{сер}$	середня сумарна сонячна радіація найжаркішого місяця	Вт/м ²
ν	величина затухання розрахункової амплітуди в конструкції	1
$A_{\theta,si}$	амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні	°С
Підлоги		
Y_f	показник теплосасвоєння поверхнею підлоги	Вт/(м ² ·К)
$Y_{f,max}$	максимально допустимий показник теплосасвоєння (табл. 4 ДБН В.2.6-31:2021)	Вт/(м ² ·К)
A, P	площа підлоги на ґрунті і її експонований периметр	м ² ; м
B'	характеристичний розмір підлоги, $B' = A/(0,5 P)$	м
w	товщина зовнішніх стін	м
d_t	еквівалентна товщина підлоги	м
λ_g	теплопровідність ґрунту (табл. Б.1 ДСТУ 9190:2022)	Вт/(м·К)
R_f	термічний опір шарів підлоги	м ² ·К/Вт
Ψ_g	лінійний коефіцієнт теплопередачі вузла сполучення підлоги зі стіною	Вт/(м·К)
H_g	узагальнений коефіцієнт теплопередачі до ґрунту	Вт/К

Позначення	Зміст	Одиниця
$R_{\Sigma пр,г}$	приведений опір теплопередачі конструкції, що контактує з ґрунтом	$\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$
Вузли (метод скінченних елементів)		
Φ_l	тепловий потік крізь вузол на 1 м його довжини	$\text{Вт}/\text{м}$
L_{2D}	коефіцієнт теплового зв'язку двовимірної моделі	$\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
U_j, l_j	коефіцієнт теплопередачі та довжина складової j вузла	$\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}); \text{м}$
Ψ	лінійний коефіцієнт теплопередачі вузла	$\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
f_{Rsi}	температурний фактор внутрішньої поверхні	1
q	вектор густини теплового потоку в моделі MCE	$\text{Вт}/\text{м}^2$
Енергоефективність		
A_f, V	кондиціонована площа і кондиціонований об'єм	$\text{м}^2; \text{м}^3$
$H_{tr,adj}$	загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією	$\text{Вт}/\text{К}$
$Q_{tr,m}, Q_{ve,m}$	теплопередача трансмісією і вентиляцією за місяць	$\text{Вт}\cdot\text{год}$
$Q_{int,m}, Q_{sol,m}$	внутрішні та сонячні теплонадходження за місяць	$\text{Вт}\cdot\text{год}$
$\eta_{H,gn}, \eta_{C,ls}$	коефіцієнти використання надходжень (опалення) і втрат (охолодження)	1
$Q_{H,nd,m}$	енергопотреба для опалення за місяць	$\text{Вт}\cdot\text{год}$
$Q_{C,nd,m}$	енергопотреба для охолодження за місяць	$\text{Вт}\cdot\text{год}$
$Q_{H,use}$	річне енергоспоживання при опаленні	$\text{кВт}\cdot\text{год}$
$Q_{C,use}$	річне енергоспоживання при охолодженні	$\text{кВт}\cdot\text{год}$
EP_{use}	питоме річне енергоспоживання при опаленні та охолодженні	$\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ ($\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$)
EP_p	граничне значення питомого енергоспоживання (наказ № 260)	$\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ ($\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$)
ΔEP	відхилення EP_{use} від EP_p	%
E_p	річна первинна енергія	$\text{кВт}\cdot\text{год}$
$E_{del,i}, E_{exp,i}$	річна доставлена й експортована енергія енергоносія i	$\text{кВт}\cdot\text{год}$
$f_{p,del,i}, f_{p,exp,i}$	коефіцієнти первинної енергії для доставки та експорту	1
e_p	питома річна первинна енергія	$\text{кВт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$

Додаток Б. Відповідність позначень нормам і калькулятору

Перелічено лише позначення, які відрізняються від нормативних або мають власну назву в інтерфейсі, звіті чи коді калькулятора. Фізичний зміст величин не змінено. У цитаті нормативного документа зберігають його власне позначення.

Величина	Символ	Нормативне позначення	Одиниця	Інтерфейс / звіт / код
кількість увімкнених шарів конструкції	N	n у ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013, ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	1	—
номер шару; $i = 1$ — шар біля внутрішньої поверхні (для підлоги — покриття), $i = N$ — зовнішній шар	i	i, j	1	номер рядка таблиці шарів
координата межі після шару i від внутрішньої поверхні; $x_0 = 0$, x_N — зовнішня поверхня	x_i	x	м	—
номер останнього шару перед досягненням порога інерції підлоги (розд. 11), локальне позначення цього розділу	n	n у п. 6.3 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013	1	—
товщина шару i у полі введення	t_i	—	мм	«Товщина, мм»
товщина шару i у формулах, $d_i = t_i/1000$	d_i	δ_j у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 (там δ — товщина)	м	—
густина матеріалу в сухому стані	ρ_i	ρ у табл. А.1 ДСТУ 9191:2022	кг/м ³	« ρ »
розрахункова теплопровідність матеріалу для умов експлуатації А або Б	λ_i	λ_p у ДСТУ 9191:2022	Вт/(м·К)	« λ », <code>Lambda_p_A</code> , <code>Lambda_p_B</code>
розрахунковий коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу при періоді 24 год	s_i	—	Вт/(м ² ·К)	« s »
коефіцієнт паропроникності матеріалу	μ_i	μ_j у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013; δ у ДСТУ 9191:2022	мг/(м·год·Па)	« μ »
ширина теплопровідного включення	b	—	м (у полі введення — мм)	« b , мм»

Величина	Символ	Нормативне позначення	Одиниця	Інтерфейс / звіт / код
крок теплопровідних включень	p	—	м (у полі введення — мм)	«S, мм» у рядку включення
ширина розрахункової моделі автоматичного вузла включень, $b_M = 2p$	b_M	—	м	b_auto
коефіцієнт теплообміну внутрішньої поверхні	h_{si}	$\alpha_B, \alpha_{вн}$ у ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013, ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	Вт/(м²·К)	—
коефіцієнт теплообміну зовнішньої поверхні	h_{se}	α_3 у ДСТУ 9191:2022, формула (2)	Вт/(м²·К)	—
опір теплопередачі термічно однорідної конструкції	R_Σ	—	м²·К/Вт	«R» на картці
приведений опір теплопередачі	$R_{\Sigma np}$	—	м²·К/Вт	R_Σnp
мінімально допустимий приведений опір (табл. 1, 2 ДБН В.2.6-31:2021)	$R_{q \min}$	$R_{q \min}$	м²·К/Вт	«MIN»
точковий коефіцієнт теплопередачі включення виду j	χ_j	χ_j у ДСТУ 9191:2022, формула (1)	Вт/К	—
кількість точкових включень виду j	N_j	N_j у ДСТУ 9191:2022, формула (1)	1	—
лінійний коефіцієнт теплопередачі розрахункової моделі шириною b_M (охоплює всі ребра моделі)	Ψ_M	—	Вт/(м·К)	Psi у звіті
розрахункова температура внутрішнього повітря (табл. Б.2 ДБН В.2.6-31:2021)	θ_{int}	t_B у ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013, ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 та ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	°C	«В середині»
розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, $\theta_e = \theta_{e,poz}$ (табл. Б.4 ДБН В.2.6-31:2021)	θ_e	$\theta_{e,poz}$ у ДБН В.2.6-31:2021; t_3 у ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013, ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 та ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	°C	«Ззовні»
середньомісячна температура зовнішнього повітря	$\theta_{e,m}$	t_3 у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013; θ_e у ДСТУ 9190:2022	°C	—
відносна вологість внутрішнього повітря	φ_{int}	φ_B у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	%	«φ»
середньомісячна відносна вологість зовнішнього повітря	$\varphi_{e,m}$	φ_3 у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	%	—

Величина	Символ	Нормативне позначення	Одиниця	Інтерфейс / звіт / код
температура в площині x конструкції; $\theta(x, m)$ — у місяці m	$\theta(x)$	$t(x)$ у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	°C	—
допустимий перепад (табл. 3 ДБН В.2.6-31:2021)	$\Delta\theta_{\text{int-si,max}}$	—	°C	«MAX»
у записі $R_e(x)$ — опір паропроникненню від внутрішньої поверхні до площини x	R_e	$R_{e,x}$ у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	м²·год·Па/мг	—
опір паропроникненню всієї конструкції	$R_{e\Sigma}$	$R_{e\Sigma}$ у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	м²·год·Па/мг	R_es, «R_e» на картці
парціальний тиск пари внутрішнього повітря	e_{int}	$e_{\text{в}}$	Па	—
парціальний тиск пари зовнішнього повітря в місяці m	$e_{e,m}$	$e_{\text{з}}$	Па	—
густина масового потоку водяної пари до площини k з боку приміщення	$j_{\text{in},k}$	i (вхідний потік) у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	мг/(м²·год)	i_1, i_3, ...
густина масового потоку водяної пари від площини k назовні	$j_{\text{out},k}$	i (вихідний потік) у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013	мг/(м²·год)	i_2, i_4, ...
тривалість місяця m	τ_m	τ у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013; t у ДСТУ 9190:2022	год	—
нормативна величина вологовіддачі за ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013; не тотожна навчальному потенційному підсумку	$W_{\text{шт}}$	—	кг/м²	«MAX» другої картки
приріст масової вологості матеріалу за період вологонакопичення	Δw	—	% за масою	«ΔW»
допустимий приріст масової вологості (табл. 5 ДБН В.2.6-31:2021)	$\Delta w_{\text{д}}$	—	% за масою	«MAX»
висота від підлоги першого поверху до верху витяжної шахти	H	—	м	«Висота будівлі»
швидкість вітру (табл. 6 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010)	v	v, v	м/с	—
коефіцієнт зміни швидкості вітру залежно від висоти будівлі й типу місцевості (табл. 2 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013)	β_v	—	1	«Тип місцевості»

Величина	Символ	Нормативне позначення	Одиниця	Інтерфейс / звіт / код
повітропроникність конструкції	G_k	G^k у ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013	кг/(м²·год)	«Gk»
допустима повітропроникність (табл. 1 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013)	G_n	G_n^k у ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013	кг/(м²·год)	«MAX»
розрахункова швидкість вітру, $v_{роз} = \max(v; 1 \text{ м/с})$	$v_{роз}$	v «не менше ніж 1 м/с» у п. 4.4 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013	м/с	—
коефіцієнт поглинання сонячної радіації зовнішньою поверхнею (табл. Б.1 ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013)	χ_{sol}	χ у ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013	1	«Поверхня»
амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні	$A_{\theta,si}$	A_{τ_b} у ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013	°C	—
показник теплосасвоєння поверхнею підлоги	Y_f	Y_n у ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013	Вт/(м²·K)	$Y_{п}$
максимально допустимий показник теплосасвоєння (табл. 4 ДБН В.2.6-31:2021)	$Y_{f,max}$	—	Вт/(м²·K)	«MAX»
площа підлоги на ґрунті і її експонований периметр	A, P	—	м²; м	«Ширина», «Довжина», «Периметр»
теплопровідність ґрунту (табл. Б.1 ДСТУ 9190:2022)	λ_g	λ у дод. Б ДСТУ 9190:2022	Вт/(м·K)	«Тип ґрунту»
приведений опір теплопередачі конструкції, що контактує з ґрунтом	$R_{\Sigma np,g}$	$R_{\Sigma np,g}$ у ДСТУ 9191:2022	м²·K/Вт	«Rg»
коефіцієнт теплового зв'язку двовимірної моделі	L_{2D}	L^{2D} в ISO 10211:2017	Вт/(м·K)	—
температурний фактор внутрішньої поверхні	f_{Rsi}	—	1	«fRsi»
теплопередача трансмісією і вентиляцією за місяць	$Q_{tr,m}, Q_{ve,m}$	Q_{tr}, Q_{ve}	Вт·год	—
енергопотреба для опалення за місяць	$Q_{H,nd,m}$	$Q_{H,nd}$ у ДСТУ 9190:2022	Вт·год	—
енергопотреба для охолодження за місяць	$Q_{C,nd,m}$	$Q_{C,nd}$ у ДСТУ 9190:2022	Вт·год	—
питоме річне енергоспоживання при опаленні та охолодженні	EP_{use}	—	кВт·год/м² (кВт·год/м³)	«EPuse»