A

B

Філоненко О.І. C

Юрін О.І. D

ЕНЕРГЕТИЧНА E

ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДИНКІВ F

Навчальний посібник G

Міністерство освіти і науки України
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка

О.І. Філоненко, О.І. Юрін

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДИНКІВ

Навчальний посібник

Полтава 2018

УДК 628.8:692.2(075.8)
Ф55
Енергетична ефективність будинків: Навч. посібник / О.І. Філоненко, О.І. Юрін. – Полтава: ПП «Астрая», 2018. – 484 с.

Рецензенти:
Г.Г. Фаренюк – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, директор Державного підприємства "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій" (ДП НДІБК);
О.І. Лапенко – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних технологій будівництва Національного авіаційного університету;
С.Ф. Пічугін – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри конструкцій з металу, дерева та пластмас Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

Економія природних ресурсів та їх раціональне використання є важливою частиною економічної політики України та заходів, направлених на збереження планети для наступних поколінь за рахунок захисту навколишнього середовища. Будівельна теплофізика вивчає процеси, що безпосередньо проходять в огороджувальних конструкціях в умовах експлуатації будинків, та встановлює методи розрахунків, які забезпечують необхідну довговічність і високу експлуатаційну надійність огороджень при найменших будівельних й експлуатаційних витратах. У навчальному посібнику викладені основні дані про теплофізичні властивості будівельних матеріалів, основи теплопередачі, методики теплотехнічних розрахунків зовнішніх огороджувальних конструкцій та показників енергоефективності будинків, наведені приклади розрахунків та задачі для самостійної роботи студентів.
Посібник призначений для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» та інженерно-технічних працівників.

Відповідальний за випуск:
О.В. Семко – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри архітектури та міського будівництва Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

ISBN 978-617-7669-21-9

Затверджено науково-методичною радою університету
Протокол № 2 від 06.11.2018 р.

ЗМІСТ

ВСТУП 9
ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ 10
1 ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ БУДИНКІВ 19
2 МІКРОКЛІМАТ ПРИМІЩЕНЬ 21
2.1 Чинники, які формують мікроклімат приміщень 21
2.2 Ергономіка теплового середовища 24
3 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ 30
3.1 Пористість і густина 30
3.2 Вологість 31
3.3 Теплопровідність 32
3.4 Теплоємність 40
3.5 Теплозасвоєння матеріалів 41
4 ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ПРИ СТАЦІОНАРНОМУ ПОТОЦІ ТЕПЛОТИ 43
4.1 Теплопередача теплопровідністю 43
4.2 Теплопередача конвекцією 44
4.3 Теплопередача випромінюванням 45
4.4 Нормативні коефіцієнти теплосприйняття і тепловіддачі 46
4.5 Математичне формулювання задачі 47
4.6 Опір теплопередачі огородження 51
4.7 Розрахунок температури по перетину огороджувальної конструкцій .. 53
5 ТЕПЛОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ 60
5.1 Загальні положення вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель 60
5.2 Тепловий опір замкнених та вентильованих повітряних прошарків 64
5.3 Нормування теплозахисних якостей зовнішніх огороджувальних конструкцій 67
5.3.1 Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції 69
5.3.1.1 Зовнішні огороджувальні конструкції житлових і громадських будинків 69
5.3.1.2 Зовнішні огороджувальні конструкції промислових (сільськогосподарських) будівель. 70
5.3.1.3 Світлопрозорі огороджувальні конструкції. 72
5.3.1.4 Внутрішні огороджувальні конструкції 72
5.3.1.5 Підлоги по ґрунту або опалюваного підвалу 75
5.3.1.6 Зовнішні заглиблені стінові конструкції, що контактують з ґрунтом, у будівлях без підвалу. 76
5.3.2 Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції 76

5.3.3 Мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій 76
5.3.3.1 Мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні світлопрозорих огороджувальних конструкцій..... 77
5.4 Методика визначення приведеного опору теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкцій 78
5.5 Методика визначення приведеного опору теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції 79
5.6 Методика визначення приведеного опору теплопередачі огороджувальних конструкцій, що контактують з ґрунтом (за окремими зонами)..... 81
5.7 Методика визначення коефіцієнта теплопередачі підлоги по ґрунту ... 81
5.7.1 Підлога по ґрунту (при відсутності підвалу). 81
5.7.2 Підлога по ґрунту в опалювальному підвалі (цокольний поверх) 83
5.7.3 Підлога по ґрунту в технічному підпіллі 84
5.8 Методика визначення коефіцієнта теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом 86
5.9 Методика визначення стаціонарного узагальненого коефіцієнта теплопередачі трансмісією до ґрунту 86
5.9.1 Підлога по ґрунту (при відсутності підвалу або з технічним підпіллям). 86
5.9.2 Підлога по ґрунту в опалювальному підвалі (цокольний поверх) 87
5.10 Методика визначення різниці між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції. 87
5.11 Методика визначення мінімальної температури на внутрішній поверхні огороджувальної конструкції..... 89
5.12 Методика визначення температури точки роси..... 89
5.13 Методика визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі. 90
5.14 Приклади розрахунків. 91
5.14.1 Розрахунок приведеного опору теплопередачі неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкцій (з відомими лінійними та точковими коефіцієнтами теплопередачі). 91
5.14.2 Розрахунок приведеного опору теплопередачі неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкцій (з невідомими лінійними коефіцієнтами теплопередачі). 94
5.14.3 Розрахунок опору теплопередачі конструкції без теплопровідних включень..... 102
5.14.4 Розрахунок товщини утеплювача в конструкції з теплопровідними включеннями. 104
5.14.5 Розрахунок товщини утеплювача в конструкції без теплопровідних включень. 105

5.14.6 Розрахунок приведеного опору теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції (вікно) 106
5.14.7 Розрахунок товщини утеплювача стіни без теплопровідних включень, що розділяє опалювану та неопалювану частини підвалу..... 108
5.14.8 Розрахунок коефіцієнта теплопередачі підлоги по ґрунту (при відсутності підвалу). 114
5.14.9 Розрахунок коефіцієнта теплопередачі підлоги по ґрунту у цокольному поверху..... 116
5.14.10 Розрахунок теплопередачі системи огороджувальних конструкцій технічного підпілля. 118
5.14.11 Розрахунок коефіцієнта теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом 123
5.14.12 Розрахунок стаціонарного узагальненого коефіцієнта теплопередачі трансмісією до ґрунту (при відсутності підвалу). 125
5.14.13 Розрахунок стаціонарного узагальненого коефіцієнта теплопередачі трансмісією до ґрунту в опалювальному підвалі (цокольний поверх). 127
5.14.14 Розрахунок різниці між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції..... 130
5.14.15 Визначення мінімальної температури на внутрішній поверхні огороджувальної конструкції 133
6 ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬ..... 137
6.1. Основні положення проведення енергетичної сертифікації будівель 137
6.2 Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності 138
6.3 Енергетичний сертифікат..... 145
6.4 Форма та зміст енергетичного сертифіката будівлі 146
7 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ..... 155
7.1 Енергетична оцінка будівель 155
7.2 Методика розрахунку первинної енергії та викидів CO_2 158
7.3 Енергетична паспортизація будинків..... 159
7.4 Класи енергетичної ефективності 161
7.5 Вимоги до показника енергоефективності 163
7.6 Приклад складання розділу "Енергоефективність"..... 165
8 МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОПОТРЕБИ ПРИ ОПАЛЕННІ, ОХОЛОДЖЕННІ ТА ГАРЯЧОМУ ВОДОПОСТАЧАННІ..... 174
8.1 Енергетичний баланс рівня будівлі..... 174
8.2 Межі та зони будинку при розрахунку 175
8.3 Розрахунок за зонами..... 176
8.4 Методика розрахунку енергопотреби для опалення та охолодження будівлі 177
8.5 Енергопотреба для опалення 177
8.6 Енергопотреба для охолодження..... 178
8.7 Сумарна теплопередача та теплові надходження..... 179

8.8 Теплопередача трансмісією 180
8.8.1 Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі 180
8.8.2 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією 180
8.8.3 Теплопередача через світлопрозорі елементи 181
8.8.4 Теплопередача до ґрунту 182
8.8.5 Теплопередача до суміжного некондиціонованого об'єму та суміжного приміщення оранжерейного типу 182
8.8.6 Теплопередача до суміжних будівель 185
8.8.7 Теплопровідні включення 186
8.8.8 Особливі елементи 187
8.9 Теплопередача вентиляцією 187
8.9.1 Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі 187
8.9.2 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією 188
8.9.3 Температурний поправочний коефіцієнт 189
8.9.4 Значення повітряного потоку 193
8.10 Внутрішні теплонадходження 196
8.11 Сонячні теплонадходження 199
8.11.1 Загальні сонячні теплонадходження 199
8.11.2 Елементи сонячних теплонадходжень 199
8.11.3 Сонячні теплонадходження через елементи будівлі 200
8.11.4 Еквівалентна площа інсоляції засклених елементів 200
8.11.5 Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі 203
8.11.6 Особливі елементи 205
8.11.7 Елементи затінення 205
8.11.8 Теплове випромінювання в атмосферу 216
8.12 Динамічні параметри 217
8.12.1 Коефіцієнт використання надходжень для опалення 217
8.12.2 Коефіцієнт використання втрат для охолодження 218
8.12.3 Часова константа будівлі 219
8.13 Внутрішні умови 221
8.13.1 Постійне опалення та/або охолодження 221
8.13.2 Квазіпостійне опалення та/або охолодження 222
8.13.3 Коригування для переривчастості 223
8.13.4 Задані значення 225
8.13.5 Коригування для періоду невикористання 225
8.14 Річні енергопотреби для опалення та охолодження 228
8.14.1 Річні енергопотреби для опалення та охолодження зони будівлі 228
8.14.2 Річні енергопотреби для опалення та охолодження для комбінації систем 228
8.15 Енергопотреби гарячого водопостачання 229
8.16 Приклад визначення енергопотреби при опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні житлового будинку 230
8.16.1 Область застосування та мета розрахунку 230

8.16.2 Опис будівлі 230
8.16.3 Зонування будівлі при розрахунку 231
8.16.4 Характеристики теплопередачі трансмісії 231
8.16.5 Характеристики теплопередачі вентиляцією 232
8.16.6 Характеристики внутрішніх теплонадходжень 233
8.16.7 Характеристики сонячних теплонадходжень 233
8.16.8 Динамічні параметри 235
8.16.9 Внутрішні умови 237
8.16.10 Енергопотреби для опалення та охолодження 237
8.16.11 Енергопотреби ГВП 237
9 ТЕПЛОВА ІНЕРЦІЯ ОГОРОДЖЕНЬ 241
10 ТЕПЛОСТІЙКІСТЬ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ 246
10.1 Нормативні вимоги у розрахунку показників теплостійкості 246
10.2 Методика визначення амплітуди коливань температури внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій при оцінці їх теплостійкості у літній період року 247
10.3 Методика визначення амплітуди коливань температури повітря приміщення при оцінці теплостійкості в зимовий період 256
10.4 Методика розрахунку амплітуди коливань температури на поверхні огородження складної конфігурації або з теплопровідними включеннями 267
11 ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПІДЛОГ 273
11.1 Розрахункове визначення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги 275
12 ПОВІТРОПРОНИКНІСТЬ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ 282
12.1 Визначення повітропроникності огороджувальних конструкцій 286
12.2 Визначення повітропроникності одношарових однорідних конструкцій та світлопрозорих конструкцій 288
12.3 Визначення повітропроникності багатошарових огороджувальних конструкцій з послідовним розміщенням шарів 290
12.4 Визначення повітропроникності багатошарових огороджувальних конструкцій з паралельним розміщенням шарів 291
12.5 Визначення повітропроникності комбінованих багатошарових огороджувальних конструкцій 291
13 ВОЛОГІСНИЙ РЕЖИМ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ 297
13.1 Причини зволоження будівельних конструкцій 297
13.2 Конденсація і сорбція водяної пари 298
13.3 Паропроникнення матеріалів 301
13.4 Оцінка вологісного режиму огороджувальних конструкцій 303
13.5 Порядок розрахунку тепловологісного стану одношарових конструкцій 305
13.6 Порядок розрахунку тепловологісного стану багатошарових конструкцій 313
13.7 Визначення опору паропроникненню шару пароізоляції 323

13.8 Визначення опору паропроникненню шару пароізоляції в огороджувальній конструкції графоаналітичним методом 325
13.9 Приклади розрахунків. 327
13.9.1 Оцінка вологісного режиму огороджувальної конструкції №1. 327
13.9.2 Оцінка вологісного режиму огороджувальної конструкції №2. 332
13.9.3 Розрахунок вологонакопичення в огороджувальній конструкції №1. 343
13.9.4 Розрахунок вологовіддачі в огороджувальній конструкції №2. 344
13.9.5 Розрахунок вологонакопичення в огороджувальній конструкції №3. 345
13.9.6 Розрахунок вологовіддачі в огороджувальній конструкції №4. 346
13.9.7 Розрахунок вологовіддачі в огороджувальній конструкції №5. 348
14 ЗАГАЛЬНІ КОНСТРУКТИВНІ ПРИНЦИПИ ЗОВНІШНІХ СТІН ІЗ ФАСАДНОЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ 351
14.1 Класифікація збірних систем 351
14.2 Основні вимоги забезпечення показників безпеки 359
14.3 Умовні познаки збірних систем або конструкцій фасадної теплоізоляції 364
14.4 Деталі конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з вентильованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами 368
14.5 Деталі конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою 371
15 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ УТЕПЛЕННЯ СКЛАДНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ ОБОЛОНКИ БУДІВЕЛЬ 377
15.1 Теплоізоляція конструкцій, які межують з ґрунтом 377
15.2 Варіанти утеплення елементів даху 384
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 390
ДОДАТОК А 395
ДОДАТОК Б 405
ДОДАТОК В 407
ДОДАТОК Г 413
ДОДАТОК Д 416
ДОДАТОК Ж 422
ДОДАТОК К 423
ДОДАТОК Л 427
ДОДАТОК М 453
ДОДАТОК Н 462
ДОДАТОК П 463
ДОДАТОК Р 464
ДОДАТОК С 470
ДОДАТОК Т 479
ДОДАТОК У 483
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ 484

ВСТУП

За останні роки проблема поліпшення теплофізичних якостей огороджувальних конструкцій будівель стала одною з найважливіших. Більшість будівель, що експлуатуються, вимагають великої кількості теплоти на опалення тому, що вони зводились у період, коли низькі ціни на енергоносії і занижені нормативи опору теплопередачі огороджувальних конструкцій поєднувались з вимогами прискорення темпів, зниження матеріалоємності будівництва та підвищення продуктивності праці. В наш час, в умовах необхідності жорсткої економії енергоресурсів, неможливе просте збільшення теплової та електричної потужності на опалення будинків. Тому зросли вимоги щодо точності прогнозування теплового і вологісного стану огороджувальних конструкцій на стадії їх проектування. Підвищення теплозахисту будівель та споруд є найбільш ефективним шляхом економії паливно-енергетичних ресурсів.

Споживання енергії в будівельній галузі складає 2,6 мільярди ГДж/год у рік, що складає 30% всієї споживаної енергії в Україні. Структура споживання енергії в будівельній галузі наступна: будівельні організації – 2%, підприємства промбудматеріалів – 11%, енергопостачання будинків – 87%. Величезна витрата палива поєднувалася з низькими вимогами до теплозахисту будівель. Так, наприклад, мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх огороджень будівель значно менше ніж в скандинавських країнах. Доля споживання енергії будівлями переважаюча, тому саме тут знаходиться основний резерв енергозбереження.

Будівельна теплофізика вивчає явища передачі тепла, переносу вологи, фільтрації повітря стосовно до будівництва.

Будівельна теплофізика, як наукова почала розвиток з 20-х років 20 століття (виділилась як окрема дисципліна з розділу загальної будівельної науки). Значний внесок в її розвиток зробили інженери-будівельники та інженери-теплотехніки: В.М. Мачинський, К. Ф. Фокін, В.М. Ільїнський, Б.Ф. Васильєв та ін. В 50-х роках в будівельній теплофізиці в зв'язку з дослідженнями А.В. Ликова та його фізико-математичної школи відбулися якісні зміни. Складні теплофізичні задачі в будівництві починають розв'язувати сучасними математичними і фізичними методами з використанням теорії подібності, методів аналогії і т.д. В цій дисципліні фізичні питання тісно пов'язані з технічними тому, що розрахунки можливого розвитку фізичних процесів потребують прийняття оптимального технічного рішення.

Знання будівельної теплофізики особливо важливе в сучасних умовах, при широкому використанні індустріальних багатошарових конструкцій, ефективних утеплювачів, підвищених вимогах до рівня теплозахисту будівель.

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Амплітуда коливань температур внутрішньої поверхні
максимальний відхил температури внутрішньої поверхні непрозорої огороджувальної конструкції від середньодобового значення при дії сонячної радіації в літніх умовах експлуатації

Анізотропні матеріали
матеріали, що відрізняються неоднаковими (механічними, оптичними, магнітними і ін.) властивостями по різних напрямах

Багатошарова огороджувальна конструкція.
огороджувальна конструкція, що складається по своєму перерізу з шарів матеріалу, теплофізичні характеристики яких відрізняються одне від одного не менше ніж на 20%

Будівля
споруда в цілому, включаючи її огороджувальну конструкцію та всі інженерні системи будівлі, у яких енергія використовується для кондиціонування внутрішнього мікроклімату, гарячого водопостачання, освітлення та інших послуг, пов'язаних з використанням будівлі

Відбивна ізоляція
дво- або тришаровий матеріал, до складу якого входить теплоізоляційний шар з теплопровідністю не більше 0,05 Вт/(м · К) з приформованим до його поверхні тонкого шару (шарів) матеріалів з високою відбивною властивістю (коефіцієнт чорноти 0,04-0,05)

Еквівалентна температура
рівномірна температура уявного замкнутого простору, в якому людина втрачає таку ж кількість тепла випромінюванням і конвекцією, як у реальному середовищі (з нерівномірною температурою)

Економічно обґрунтований рівень енергетичної ефективності будівлі
рівень енергетичної ефективності будівлі, досягнення якого забезпечує найнижчі інвестиційні витрати, витрати на утримання та експлуатацію, ліквідаційні витрати протягом прогнозного строку економічної експлуатації будівлі

Енергетична ефективність будинку
властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу будівлі

побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов

Енергетичний клас
спрощений для розуміння показник (наприклад, від A до G) для позначення енергетичної ефективності будівлі

Енергетичний паспорт будинку
документ в якому зазначаються енергетичні характеристики під час проектування об'єкта будівництва, обраховані відповідно до вимог цих норм

Енергетична сертифікація
процедури, що надають можливість створити енергетичний сертифікат

Енергетичний сертифікат
електронний документ встановленої форми, в якому зазначено показники та клас енергетичної ефективності будівлі, наведено сформовані у встановленому законодавством порядку рекомендації щодо його підвищення, а також інші відомості щодо будівлі, її відокремлених частин, енергетичну ефективність яких сертифіковано;

Енергетичні характеристики будівлі
розрахована та/або виміряна кількість енергії, яка необхідна для задоволення попиту на енергію за типових умов використання будівлі, що включає енергію, яка використовується для опалення, охолодження, гарячого водопостачання, кондиціонування, вентиляції та освітлення

Ізотермічне зображення
теплове зображення з ізотермами

Ізотерма
область на тепловому зображенні, що складається з сукупності точок, ліній чи ділянок, які мають однакову густину інфрачервоного випромінення

Інженерна система будівлі
інженерне обладнання для опалення, охолодження, вентиляції, гарячого водопостачання, освітлення та виробництва електричної енергії

IR камера

система для сприйняття інфрачервоного випромінення, що створює теплові зображення на базі дійсної радіаційної температури

Замкнений повітряний прошарок

прошарок, що надійно огороджений від повітря приміщення чи вулиці конструктивними шарами зі спеціальною герметизацією притворів і швів

Клас енергетичної ефективності

визначений рівень енергетичної ефективності за інтервалом значень енергетичних характеристик будівлі, які встановлюються відповідно до ДБН В.2.6-31:2016

Коефіцієнт паропроникності

фізичний параметр, що визначає кількість вологи, яка передається у вигляді пари через одиницю площі ($м^2$) шару матеріалу за одиницю часу (год) при стаціонарному градієнті перепаду парціальних тисків водяної пари (1 Па/м)

Коефіцієнт повітропроникності

фізичний параметр, що визначає кількість повітря, яке передається через одиницю площі ($м^2$) шару матеріалу за одиницю часу (год) при стаціонарному градієнті перепаду тисків повітря (1 Па/м)

Коефіцієнт скління

відношення площі світлопрозорих конструкцій до загальної площі фасадної частини будинку

Коефіцієнт тепловіддачі

фізичний параметр, що визначає кількість теплоти, яка сприймається чи віддається одиницею площі ($м^2$) конструкції за одиницю часу при різниці температури середовища і температури поверхні конструкції, яка дорівнює 1 К

Коефіцієнт теплозасвоєння

фізичний параметр, що відображає здатність матеріалу сприймати теплоту при коливанні температури на його поверхні. Визначається відношенням амплітуди коливання теплового потоку (Вт) до амплітуди коливання температури (К) на одиничній площі поверхні матеріалу (м2).

Вимірюється за амплітуди коливання температури 24 год

Коефіцієнт теплопередачі

фізичний параметр, що визначає кількість теплоти, що передається через одиницю площі ($м^2$) конструкції за одиницю часу при різниці температур середовищ, що їх розділяє конструкція, яка дорівнює 1 К

Коефіцієнт теплопропускання сонцезахисного пристрою

величина, що дорівнює відношенню кількості тепла, що проходить через світловий проріз з сонцезахисним пристроєм, до кількості тепла, що проходить через відповідний світловий проріз без сонцезахисного пристрою

Коефіцієнт теплостійкості

фізичний параметр, що визначає величину зміни температури у матеріалі при гармонійній зміні температури зовнішнього середовища з періодом 24 год.

Кондиціонована площа підлоги

площа підлоги всередині меж кондиціонованого об'єму будівлі, визначена за внутрішніми габаритними розмірами.

Лабораторні випробування

випробування ОК у кліматичних камерах у спеціальних випробувальних установках

Лінійний коефіцієнт теплопередачі

поправочний член для визначення впливу лінійного теплопровідного включення термічно неоднорідної огороджувальної конструкції на її теплоізоляційні характеристики, що враховує кількість теплоти у Ватах, яка передається через теплопровідне включення довжиною 1 м при різниці температур по обидві сторони конструкції в 1 К та визначається на підставі двомірних розрахунків

Лінійна масова повітропроникність

маса повітря, яке проникає за одиницю часу через 1 пог. м елемента огороджувальної конструкції

Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівлі

мінімальні значення показників, що характеризують здатність будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання (в тому числі нормативно допустима енергопотреба на одиницю опалюваної (кондиціонованої) площі або об'єму будівлі, що визначається на підставі економічно обґрунтованого рівня енергетичної ефективності будівлі) забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу будівлі задоволення

побутових потреб людини та створення оптимальних мікрокліматичних умов для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі

Масова повітропроникність

маса повітря, яке проникає за одиницю часу через 1 $м^2$ огороджувальної конструкції

Натурні випробування

випробування ОК в умовах експлуатації будинків або в умовах спеціально збудованих павільйонів

Непрозорі конструкції

ділянки теплоізоляційної оболонки будинку (стіни, покриття, перекриття тощо), до складу яких входить один і більше шарів матеріалів, що не пропускають видиме світло

Огороджувальні конструкції

будівельні конструкції, що створюють теплоізоляційну оболонку будинку для збереження теплоти для опалення та/або охолодження приміщень, захисту від кліматичних впливів, поділу будинку на відокремлені частини або приміщення з різними температурними та вологісними умовами експлуатації

Опір теплопередачі

величина, що визначає здатність конструкції чинити опір тепловому потоку, що через неї проходить, та є зворотною до коефіцієнту теплопередачі

Основне поле конструкції

масив огороджувальної конструкції, що визначає її опір теплопередачі і не має теплопровідних включень

Питома енергопотреба

показник енергетичної ефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до або видалити з кондиціонованого об'єму для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалюваної (кондиціонованої) площі або об'єму будинку

Показник енергетичної ефективності

Енергетична оцінка віднесена до кондиціонованої площі

Показник компактності

розрахунковий показник, що визначається відношенням загальної площі внутрішніх поверхонь огороджувальних конструкцій до кондиціонованого об'єму будівлі, яка опалюється (охолоджується)

Повітропроникність

властивість огороджувальної конструкції пропускати повітря під дією різниці тиску

Показник теплозасвоєння шару матеріалу

показник, що визначає величину зміни теплового потоку, що проходить через внутрішню поверхню шару матеріалу в конструкції при амплітуді коливання температури зовнішньої поверхні конструкції на 1 °С за період 24 год.

Показник теплозасвоєння поверхнею підлоги

показник, що визначає тепловий потік, що проходить через поверхню підлоги при підвищенні температури поверхні на 1 °С при безперервному тепловому контакті з її поверхнею

Приведений опір теплопередачі

фізична величина, що характеризує усереднену за площею густину теплового потоку через фрагмент огороджувальної конструкції будинку в стаціонарних умовах теплопередачі, яка чисельно дорівнює відношенню перепаду температури по різні боки огороджувальної конструкції до осередненої за площею фрагмента густини теплового потоку через даний фрагмент конструкції за стаціонарних умов теплопередачі

Розрахункові умови експлуатації

розрахункові температура і вологість матеріалу, які визначають перенесення тепла і вологи через матеріал при його експлуатації в огороджувальних конструкціях

Розрахункові значення параметрів навколишнього середовища

значення температури та вологості повітря, які встановлено в ДБН В.2.6-31 залежно від призначення досліджуваної ОК та температурної зони експлуатації будинку з ОК

Розрахункові теплові умови

сумісна теплова дія зовнішнього середовища на конструкцію, характерна для найбільш жаркого місяця, що враховує добову зміну температури зовнішнього повітря, особливості сонячного опромінювання

зовнішньої поверхні конструкції та умови теплообміну між зовнішньою поверхнею конструкції та зовнішнім повітрям

Світлопрозорі конструкції

ділянки теплоізоляційної оболонки будинку (вікна, балконні та вхідні двері, вітражі, фасадні системи, вітрини, ліхтарі тощо), що пропускають видиме світло

Сертифікація енергетичної ефективності

вид енергетичного аудиту, під час якого здійснюється аналіз інформації щодо фактичних або проектних характеристик огороджувальних конструкцій та інженерних систем, оцінюється відповідність розрахункового рівня енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель та надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, що враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими

Стрибки температури

швидкоплинна зміна температурних умов (теплового режиму) внаслідок раптової зміни температури, вологості, виду діяльності людини й/або її одягу

Температурний цикл

зміна температури з заданою амплітудою і частотою

Температурний дрейф

пасивна монотонна, рівномірна, нециклічна зміна температури в замкнутому просторі

Теплова інерція конструкції

безрозмірний показник, який відображає швидкість поширення теплових хвиль у конструкції

Теплоємність масова

кількість теплоти, яку необхідно підвести чи відібрати від 1 кг матеріалу, щоб змінити його температуру на 1 К

Теплоізоляційна оболонка будинку

система огороджувальних конструкцій будинку, що забезпечує збереження теплоти для опалення та/або охолодження приміщень

Теплопровідне включення

елемент огороджувальної конструкції, що розташований в її об'ємі паралельно напрямку теплового потоку, який має термічний опір менший від термічного опору основного поля більш ніж на 20 %

Теплопровідність

кількість теплоти, що передається через одиницю площі ($м^2$) шару матеріалу за одиницю часу (с) при стаціонарному градієнті температур 1К/м

Теплостійкість огороджувальної конструкції

властивість зберігати відносну стабільність температури на поверхні, орієнтованій у приміщення, при періодичних коливаннях теплової дії зовнішнього середовища

Теплостійкість приміщень

властивість конструкцій приміщення зберігати нормовану стабільність температури при коливаннях температури навколишнього середовища та теплової енергії на опалення

Термін ефективної експлуатації (розрахункова довговічність) теплоізоляційних виробів

експлуатаційний період, протягом якого вироби зберігають свої теплоізоляційні властивості на рівні проектних показників, що підтверджується результатами лабораторних випробувань і зазначено в умовних роках експлуатації (терміну служби)

Термічна неоднорідність

наявність зон загальною площею більш ніж 2% від внутрішньої поверхні конструкції з температурами, відмінними від середньозваженої температури основного поля більше ніж на 2 °С

Термографія

визначення та представлення розподілу поверхневої температури шляхом вимірювання густини потоку інфрачервоного випромінення від поверхні, включаючи інтерпретацію випадкових механізмів, що створюють викривлення в теплових зображеннях

Теплове зображення

зображення, що створене за допомогою системи для сприйняття інфрачервоного випромінення, яке представляє розподіл дійсної радіаційної температури поверхні

Термічно неоднорідна огороджувальна конструкція

огороджувальна конструкція, що має у своєму об'ємі теплопровідні включення, які призводять до термічної неоднорідності

Термічно однорідна огороджувальна конструкція

одношарова чи багатошарова огороджувальна конструкція, що не має у своєму об'ємі теплопровідних включень

Термограма

теплове зображення, задокументоване фотографією дисплею камери, записане на відео, дискету чи у файл на жорсткий диск

Термомодернізація будівлі

Комплекс робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій будівлі, показників споживання енергетичних ресурсів інженерними системами та забезпечення енергетичної ефективності будівлі на рівні не нижчому ніж встановлено мінімальними вимогами до енергетичної ефективності будівель, що здійснюється під час виконання робіт з реконструкції, капітального ремонту.

Точковий коефіцієнт теплопередачі

поправочний член для визначення впливу точкового теплопровідного включення термічно неоднорідної огороджувальної конструкції на її теплоізоляційні характеристики, що враховує кількість теплоти у Ватах, яка передається через теплопровідне включення при різниці температур по обидві сторони конструкції в 1 К та визначається на підставі тримірних розрахунків.

Часова константа зони будівлі

характеризує внутрішню теплову інерцію кондиціонованої зони, як для періоду опалення, так і для періоду охолодження

Фахівець з аудиту енергетичної ефективності будівель

фізична особа, яка отримала кваліфікаційний атестат та має право на проведення сертифікації енергетичної ефективності;

Примітка. Позначення фізичних величин у посібнику відповідає наведеним у відповідних методиках розрахунку (ДБН, ДСТУ та інш.) та можуть відрізнятися у різних розділах.

1 ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ БУДИНКІВ

При архітектурно-конструктивному проектуванні будинків, зокрема їх огороджувальних конструкцій, розглядаються питання, пов'язані з явищами і законами фізики. Будівельна теплофізика вивчає процеси, що безпосередньо проходять в огороджувальних конструкціях в умовах експлуатації будинків, та встановлює методи розрахунків, які забезпечують необхідну довговічність і високу експлуатаційну надійність огороджень при найменших будівельних й експлуатаційних витратах.

Зовнішні огороджувальні конструкції будинків у теплотехнічному відношенні повинні задовольняти таким вимогам:

а) мати достатні теплозахисні властивості, що забезпечують зберігання теплоти в приміщеннях у холодний період року і захист приміщень від перегріву сонцем у теплий період року;

б) для виключення появи конденсату на внутрішніх поверхнях зовнішніх стін та стель верхніх поверхів і переохолодження тіла людини від тепловтрат випромінюванням, температура внутрішніх поверхонь зовнішніх огороджень не повинна значно відрізнятися від температури внутрішнього повітря;

в) для зменшення охолодження приміщень і людей повітропроникність зовнішніх огороджень не повинна перевищувати припустимої межі;

г) вологість матеріалів огороджень не повинна перевищувати розрахункову (нормативну), тому що значне зволоження знижує теплозахисні властивості, довговічність огороджень і санітарно-гігієнічні якості приміщень.

За функціональним призначенням будинки поділяють на цивільні і промислові.

У групу цивільних уходять житлові і громадські, у групу промислових – будинки, у яких проходять різноманітні виробничі процеси.

Будинки та їх окремі приміщення повинні задовольняти вимоги, що обумовлюють їх функціональне призначення. Виконання вимог до температурно-вологісного, світлового режиму, рухливості повітря в приміщеннях багато в чому визначається конструктивним рішенням зовнішніх огороджень. До зовнішніх огороджувальних конструкцій відносять зовнішні стіни, суміщені покриття, горищні покриття та перекриття неопалювальних горищ, перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами, світлопрозорі огороджувальні конструкції та вхідні двері.

Зовнішні огороджувальні конструкції, крім сприйняття статичних та динамічних навантажень від конструкцій будинку і технологічних

процесів, захищають приміщення від атмосферних впливів, вітру, температури, сонячної радіації, міського шуму.

За матеріалом розрізняють такі основні типи конструкцій стін: бетонні, кам'яні, дерев'яні, багатошарові з використанням ефективних утеплювачів.

Зовнішні огородження можуть бути одношарової і багатошарової конструкції. У багатошарових стінах і перекриттях виконання різних функцій покладається на різні матеріали. Функції міцності забезпечують бетон, камінь, дерево, метал тощо; функції теплоізоляції – ефективні утеплювачі з мінераловатних плит, пінополістиролу, легких засипок із шлаку, керамзиту й інших матеріалів; функції пароізоляції – рулонні матеріали (руберойд, фольга, поліетиленові плівки), щільний бетон, бітумні та інші мастики.

Експлуатаційні якості зовнішніх огороджень визначаються матеріалом, конструктивним рішенням огородження і значною мірою надійністю стикових з'єднань окремих його елементів.

Питання для самоперевірки

1. Вимоги до зовнішніх огороджувальних конструкцій будинків.
2. Перерахуйте зовнішні огороджувальні конструкції.
3. Чинники, від яких залежать експлуатаційні якості зовнішніх огороджень.

2 МІКРОКЛІМАТ ПРИМІЩЕНЬ

2.1 Чинники, які формують мікроклімат приміщень

Приміщення, у яких працюють люди, повинні забезпечувати визначений рівень комфорту. Стан комфорту – це суб'єктивне відчуття, що виникає у людей під комплексним впливом таких основних чинників: акустичної обстановки, кольору, температури, вологості, рухливості повітря тощо. При цьому необхідно враховувати економічну доцільність прийнятих технічних рішень.

Самопочуття й працездатність людини залежить від збалансованості виробітку тепла організмом та його втрат. У протилежному випадку може спостерігатися накопичення тепла і як наслідок перегрів організму або його дефіцит, що призводить до переохолодження організму.

Інтенсивність віддачі тепла людиною визначається станом мікроклімату приміщення.

Мікроклімат приміщень – це сукупність фізичних чинників та умов навколишнього середовища, які зумовлюють його тепловий стан і впливають на теплообмін людини.

Основними інструментами для створення в приміщенні оптимального мікроклімату є опалення, вентиляція і кондиціонування. У поєднанні з сучасними енергозберігаючими технологіями у будівництві, техніці та елементами автоматики ці системи дозволяють створити в приміщенні будь-якого типу здорове середовище, сприятливе для роботи і відпочинку людини.

Основними чинниками, які формують мікроклімат приміщень, є: температура, швидкість руху та вологість повітря, а також радіаційна температура, тобто середня температура поверхонь огороджувальних конструкцій і предметів.

Температура повітря визначається термометрами (ртутними, спиртовими й електричними) та термографами в градусах за шкалою Цельсія.

При нормуванні мікроклімату календарний рік поділяється тільки на два періоди: холодний – коли середньодобова температура на відкритому повітрі нижча за +10°С; теплий – коли середньодобова температура зовні будівлі становить + 10°С і вище.

Оптимальні норми мікроклімату застосовуються для приміщень, де праця людей не пов'язана з застосуванням обладнання, що потребує великих енергетичних витрат, або випромінює значні теплові потоки.

Оптимальні параметри мікроклімату повинні підтримуватися в приміщеннях, пов'язаних з виконанням нервово-емоційних робіт, що потребують підвищеної уваги (диспетчерські, приміщення, де працюють з

комп'ютерами, кабінети діагностики, пульти управління технологічними процесами, хімічні лабораторії, бухгалтерії, конструкторські бюро та ін.).

Санітарні норми оптимального мікроклімату в житлових приміщеннях диференціюють для теплого і холодного періодів року. і становлять:

– температура в теплий період – 23–25 °С, в холодний – 20–22 °С;

– відносна вологість повітря – 60–30% в теплий період, 45–30% у холодний період;

– швидкість руху повітря в теплий період – не більше 0,25 м/с, у холодний період – не більше 0,1–0,15 м/с.

Допустимі мікрокліматичні умови – це такі показники мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину можуть спричинити до дискомфортні відчуття, що обумовлені напруженням механізмів терморегуляції, але які не виходять за межі фізіологічних можливостей організму людини. При цьому може виникнути деяке зниження працездатності, але пошкодження або порушення здоров'я у людини не виникає.

Допустимі санітарні норми мікроклімату в житлових приміщеннях:

– температура в теплий період року – не більше 28 °С, у холодний період – 18–22 °С;

– відносна вологість повітря 65% (в районах з відносною розрахунковою вологістю повітря більше 75% ця цифра становить, відповідно – до 75%);

– швидкість руху повітря в теплий період – не більше 0,5 м/с, у холодний період – не більше 0,2 м/с.

Градієнт температур повітря по висоті приміщення і по горизонталі не повинен перевищувати 2°С. Температура на поверхні стін житлового приміщення може бути нижче температури повітря в приміщенні не більше ніж на 4°С, підлоги – на 2°С. Мінімальна температура на внутрішній поверхні світлопрозорих огороджувальних конструкцій житлових і громадських будинків повинна бути не менше ніж 6 ºС, а для непрозорих зон та елементів, включаючи стулки, імпости, стійки, ригелі тощо – не менше ніж температура точки роси, t_p, за розрахунковими значеннями температури й відносної вологості внутрішнього повітря.

Загальний тепловий баланс людини зумовлюється кількістю енергії, вироблюваною організмом, тепловіддачею людини, конвекцією, випромінюванням і витратами тепла на випаровування вологи, витратою теплоти (енергії) на механічну роботу, на протікання фізіологічних процесів (нагрів вдихуваного повітря, природний обмін речовин та ін.).

Кількість теплоти, вироблювана організмом, в основному залежить від інтенсивності виконуваної людиною роботи.

Роботи, які виконуються людьми, за ступенем інтенсивності поділяються на три категорії:

– легкі фізичні роботи (категорія I) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 105 - 140 Вт (90 - 120 ккал/год.) - категорія Іа та 141 - 175 Вт (121 - 150 ккал/год.) - категорія Іб. До категорії Іа належать роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. До категорії Іб належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

– фізичні роботи середньої важкості (категорія II) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 176 - 232 Вт (151 - 200 ккал/год.) - категорія IIа та 233 - 290 Вт (201 - 250 ккал/год.) - категорія IIб. До категорії IIа належать роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи і потребують певного фізичного напруження. До категорії IIб належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням.

– важкі фізичні роботи (категорія III) охоплюють види діяльності, при яких витрати енергії становлять 291 - 349 Вт (251 - 300 ккал/год.). До категорії III належать роботи, пов'язані з постійним переміщенням, перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів, які потребують великих фізичних зусиль.

Для створення комфортних умов при роботах, що не потребують значної фізичної напруги, температура повітря повинна бути більш високою, при важких роботах – більш низькою.

Температура повітряного середовища залежить від теплоізолюючих якостей огороджувальних конструкцій, зовнішніх кліматичних умов, внутрішніх тепловиділень у приміщенні (опалення, технологічних процесів, людей) і повітрообміну.

Вплив зовнішнього клімату на тепловий режим огороджень та приміщень комплексне. Він визначається спільною дією декількох метеорологічних параметрів, котрі метеорологи спостерігають роздільно. Для зими такими параметрами клімату найчастіше є температура зовнішнього повітря і швидкість вітру. Для літнього періоду основними характеристиками клімату можна вважати сонячну радіацію й температуру зовнішнього повітря.

У холодний період року зовнішні огородження захищають приміщення від низьких зовнішніх температур і вітру, а система опалення підтримує в ньому визначену температуру.

У теплий період року огороджувальні конструкції повинні забезпечити необхідну теплостійкість будинку, тобто не припускати значних добових коливань температури у середині приміщення.

Зовнішні огороджувальні конструкції повинні мати необхідний опір теплопередачі і повітропроникності, припустимий вологісний режим, відповідати вимогам гігієни й економіки.

2.2 Ергономіка теплового середовища

З введенням в дію ДСТУ Б EN 15251:2011 вводиться поняття сертифікації теплового середовища приміщень, яка базується на індексах теплового комфорту PMV-PPD (передбачене середнє очікування - передбачений відсоток невдоволених) з передбаченням рівнів активності та теплоізоляції одягу (влітку та взимку). Стандарт вводить поняття категорій внутрішнього середовища. Вибір категорії є особливістю будівлі і потреби особливих груп мешканців, наприклад, людей похилого віку (низький рівень метаболізму та порушення контролю температури тіла). Опис сфери застосування категорій, що використовуються, наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Опис сфери застосування категорій, що використовуються

Категорія	Пояснення
I	Високий рівень очікувань, рекомендований для приміщень, що займають дуже чутливі та слабкі люди з особливими потребами, такі як інваліди, хворі, маленькі діти та люди похилого віку
II	Нормальний рівень очікувань має використовуватися для нових будівель та при реконструкції
III	Допустимий середній рівень очікувань може бути використаний для існуючих будівель
IV	Значення поза межами критеріїв вищезгаданих категорій. Ця категорія має прийматися для обмеженого періоду року

За ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 необхідне теплове середовище для простору може бути вибране з трьох категорій: A, B й C відповідно до табл. 2.2. Всі критерії повинні бути виконані одночасно для кожної категорії.

Таблиця 2.2

Характеристики категорій теплового середовища

Категорії	Температурні відчуття тіла в цілому		Місцевий (локальний) дискомфорт			
				PD, % обумовлений		
	PPD, %	PMV	DR, %	різницею температур повітря по вертикалі	теплою або холодною підлогою	асиметрією радіаційного теплового випромінювання
A	<6	-0,2 <PMV< +0,2	< 10	<3	< 10	<5
B	< 10	-0,5 <PMV< +0,5	<20	<5	<10	<5
C	< 15	-0,7 <PMV< +0,7	<30	< 10	< 15	<10

Кожна категорія приписує максимальний відсоток незадоволених для організму в цілому PPD і PD для кожного з чотирьох видів місцевого дискомфорту.

Критерії проектування, зазначені в табл. 2.2, виведені для наступних умов. Критерії для еквівалентної температури засновані на типових рівнях активності руху, одяг з показником 0,5 кло протягом літа ("теплий сезон") і з показником 1,0 кло в зимовий період ("холодний, опалювальний сезон"). Критерії для середньої швидкості руху повітря припускають інтенсивність турбулентності приблизно в 40 % (змішана вентиляція). Наведені критерії проектування дійсні також і для інших типів просторів з аналогічними параметрами.

ДСТУ Б ENISO 7730:2011установило методи для вимірювання та оцінки показників допустимих і екстремальних температурних середовищ, які впливають на людей.

Теплове відчуття людини в основному пов'язане з тепловим балансом її тіла в цілому. Цей баланс залежить від фізичної активності та одягу, а також параметрів навколишнього середовища: температури повітря, середньої температури випромінювання, швидкості руху і вологості повітря. При оцінюванні або вимірюванні цих факторів можливо передбачити теплове відчуття для організму в цілому шляхом обчислення середньої оцінки (PMV).

Прогнозована середня оцінка (PMV) – це індекс, за допомогою якого прогнозують середнє значення чутливості до температури великої групи людей на підставі балансу температури тіла людини за 7-бальною тепловою шкалою відчуттів (табл. 2.3). Тепловий баланс встановлюється коли

тепло, що виділяє тіло людини, дорівнює втратам тепла в навколишнє середовище.

Таблиця 2.3.

Семибальна шкала чутливості до температури

+3	Спекотно
+2	Тепло
+1	Трохи тепло
0	Нейтрально
-1	Трохи прохолодно
-2	Прохолодно
-3	Холодно

Показник PMV може бути розрахований для різних комбінацій швидкості обміну речовин, опору теплопередачі одягу, температури повітря, середнього теплового випромінювання, швидкості руху повітря та вологості повітря. Він характеризує стабільні умови та повинен використовуватися тільки для значень PMV в інтервалі між -2 та +2 і коли шість основних параметрів знаходяться в наведених нижче інтервалах (табл. 2.4):

Таблиця 2.4.

Параметри мікроклімату

№ п/п	Параметри мікроклімату	Інтервал
1	Швидкість обміну речовин	46-232 Вт/м^2 (0,8 -4 мет)
2	Опір теплопередачі одягу	0- 0,31 Вт/м^2 (0-2 кло)
3	Температура повітря	10-30°С
4	Середня радіаційна температура випромінювання	10-40°С
5	Відносна швидкість руху повітря	0-1 м/с
6	Парціальний тиск водяної пари	0-2700 Па

PMV може бути використаний для перевірки, чи задовольняє визначене термальне середовище критеріям комфорту (табл. 2.2), а також для встановлення вимог до термального середовища.

Встановивши PMV = 0, отримують рівняння для прогнозування сполучень активності, одягу й параметрів середовища, котрі звичайно забезпечують нейтральну температурну чутливість.

PMV прогнозує середнє значення оцінок термального середовища великою групою людей, що піддаються впливу цього середовища. Індивідуальні оцінки знаходяться біля цього середнього значення, тому корисною є можливість прогнозу кількості людей, які у цьому середовищі ймовірно будуть почувати себе некомфортно: дуже тепло або прохолодно.

Встановлення відсотка незадоволених (PPD) визначає індекс, що містить інформацію про тепловий дискомфорт або теплове невдоволення відсотка людей, які ймовірно відчувають себе занадто тепло або дуже холодно в даному середовищі. PPD можуть бути отримані з PMV за формулою (2.1):

$$PPD = 100 - 95 \cdot exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2. \quad (2.1)$$

Під незадоволеними температурним середовищем людьми розуміють тих, які будуть оцінювати середовище як спекотне, тепле, прохолодне або холодне за семибальною шкалою теплової чутливості, що наведена в таблиці 2.3.

PPD прогнозує кількість людей, незадоволених температурою навколишнього середовища в середині великої групи людей. Решта людей групи буде почувати себе термічно нейтральними - легке тепло або легка прохолода.

Показники PMV і PPD відображають дискомфорт від тепла або холоду для всього організму в цілому. Але невдоволення температурою навколишнього середовища може також бути викликане небажаним охолодженням або нагріванням однієї конкретної частини тіла. Це поняття відоме як локальний температурний дискомфорт. Найчастішою причиною місцевого дискомфорту є протяг (швидкість протягу DR). Місцевий дискомфорт може бути також викликаний аномально високою різницею температур по вертикалі між головою і кінцівками ніг через занадто теплу або занадто холодну підлогу, або занадто високою асиметрією теплового випромінювання (відсоток незадоволених PD). Таблиця 2.2 містить вимоги до локального і загального температурного комфорту для різних категорій навколишнього середовища й типів просторів.

До локального температурного дискомфорту, в основному, чутливі люди, які мають сидячий спосіб роботи. Вони будуть мати близьку до нейтральної температурну чутливість для всього тіла. Люди з більш високим рівнем фізичної активності менш термічно чутливі і ризик локального дискомфорту для них нижчий.

Етнічні, національні чи географічні відмінності також повинні бути взяті до уваги при розгляді приміщень, не обладнаних кондиціюванням.

Температурний (тепловий комфорт) – це стан задоволення тепловими умовами навколишнього середовища. Невдоволення може бути викликане дискомфортом від перегрівання або охолодження організму в

цілому, що оцінюють за допомогою PMV і PPD, або небажаним охолодженням (перегріванням) однієї певної частини тіла.

Через індивідуальні відмінності неможливо встановити тепловий стан навколишнього середовища, який задовольнив би усіх. Завжди буде відсоток незадоволених людей. Але можна встановити середовища, прийнятні для певного відсотка людей.

Якщо категорії загального комфорту виконані, в тому числі в екстремальних ситуаціях, потужність будь-якої установки опалення та/або охолодження HVAC (опалення, вентиляції, кондиціювання) повинна бути порівняно високою. Економічні і/або екологічні обмеження надають можливість отримати прийнятні обмеження інтервалу часу, протягом якого значення PMV буде залишатися за межами зазначених діапазонів.

Замість використання температури в якості проектного критерію безпосередньо теж можуть використовуватися індекси PMV-PPD. В такому випадку має братися до уваги ефект збільшення швидкості повітря. Базуючись на обраних критеріях (категорії комфорту), встановлюють відповідні температурні інтервали. Значення для встановлення параметрів систем охолодження є верхнім значенням діапазону комфорту, а нижнім є значення для встановлення параметрів системи опалення. Деякі приклади рекомендованої робочої температури, одержані відповідно до цих принципів для опалення та кондиціювання, представлені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5.

Приклади критеріїв проектування для приміщень в різних типах будівель

Типи будівель/ просторів	Діяльність Вт/м^2	Категорії	Еквівалентна температура, °С		Максимальна середня швидкість руху повітря, м/с	
			Літо (теплий сезон)	Зима (холодний сезон)	Літо (теплий сезон)	Зима (холодний сезон)
Аудиторія Клас	70	А	24,5±1,0	22,0±1,0	0,12	0,10
		Б	24,5±1,5	22,0±2,0	0,19	0,16
		С	24,5±2,5	22,0±3,0	0,24	0,21
Дитячий садочок	81	А	23,5±1,0	20,0±1,0	0,11	0,10
		Б	23,5±2,0	22,0±2,5	0,18	0,15
		С	23,5±2,5	22,0±3,5	0,23	0,19

Енергоспоживання будівель значно залежить від критеріїв мікроклімату приміщень (температура, вентиляція і освітлення) та будівель (включаючи системи), що використовуються при проектуванні та експлуатації. Мікроклімат приміщення також має вплив на здоров'я,

продуктивність та комфорт людей, що перебувають у приміщенні. Нещодавні дослідження показали, що вартість впливу незадовільного мікроклімату приміщення на працівників, власника будівлі та суспільство в цілому часто значно перевищує вартість енергії, що використана цим же будинком. Також було показано, що висока якість мікроклімату приміщення може підвищити продуктивність та здатність до навчання та зменшити кількість прогулів.

Недостатня теплоізоляція елементів огороджувальних конструкцій призводить до теплового дискомфорту, викликаного небажаним місцевим охолодженням або нагріванням тіла. Найбільш поширеними місцевими факторами дискомфорту є температура випромінювання асиметрії (холодної або теплої поверхні), протяг (який визначається як місцеве охолодження тіла, викликане рухом повітря), вертикальний перепад температури повітря і холодні або теплі підлоги.

Інформація про внутрішнє середовище будівлі має бути включена у енергетичний сертифікат будівлі, щоб оцінити загальні характеристики будівлі.

При проектуванні теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будинку за ДБН В.2.6-31:2016 потрібно використовувати методи для прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту (теплова незадоволеність) людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту з використанням розрахунків PMV (прогнозована середня оцінка якості повітряного середовища) і PPD (прогнозований відсоток незадоволених температурою середовища), а також критеріїв місцевого теплового комфорту допомагає оцінити прийнятність умов навколишнього середовища для забезпечення теплового комфорту людини.

Питання для самоперевірки

1. Чинники, що впливають на комфортність приміщень.
2. Чинники, що зумовлюють тепловий баланс організму людини.
3. Основні кліматичні параметри, що впливають на тепловий режим приміщень у холодний та теплий періоди року.
4. Сертифікація теплового середовища приміщень.

3 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Надійність результатів теплотехнічних розрахунків огороджувальних конструкцій забезпечується достовірністю вибору теплотехнічних показників (коефіцієнта теплопровідності λ, коефіцієнта теплозасвоєння S) використаних будівельних матеріалів. Ці показники залежать від виду матеріалу, пористості, вологості, інших чинників і визначаються, як правило, експериментально.

3.1 Пористість і густина

Більшість будівельних матеріалів – це пористі тіла. У загальному випадку зі збільшенням пористості матеріалу зменшується його теплопровідність і підвищується можливість його зволоження.

Густина матеріалу ρ характеризується масою матеріалу в об'ємі 1м^3, кг/м^3.

Питома маса матеріалу g виражається масою одиниці об'єму речовини, з якої складається матеріал, за умови, що в матеріалі зовсім немає пор.

Густина матеріалу залежить від питомої маси матеріалу й пористості, а для сипучих матеріалів від ступеня ущільнення. Для будівельних матеріалів густина може коливатися від 40 до 7800 кг/м^3, пористість – від 5 до 98%.

Пористість, густина і питома маса зв'язуються відношенням

$$p = \frac{g - \rho}{g} \cdot 100\%. \qquad (3.1)$$

Чим більше пористість матеріалу, при фіксованій питомій масі, тим менше його густина і навпаки.

Задача 3.1 *Визначити густину матеріалу, коли відомо, що пористість матеріалу складає p = 40 %, а питома маса g = 2400 кг/м^3.*

За формулою (3.1)

$$\rho = g - \frac{p \times g}{100\%} = 2400 - \frac{40\% \times 2400}{100\%} = 1440 кг / м^3$$

Задача 3.2 *Визначити пористість керамзитобетону, якщо відомо, що густина матеріалу складає γ = 600 кг/м^3, а питома маса матеріалу g = 1440 кг/м^3.*

За формулою (3.1):

$$p = \left(\frac{1440 - 600}{1440} \right) \times 100 \ = 58 \ \%$$

3.2 Вологість

Матеріал огороджувальних конструкцій унаслідок процесів сорбції і конденсації водяної пари завжди має деяку вологість, що впливає на теплозахисні якості огородження. Розрізняють вологість за масою та об'ємом.

Масове відношення вологи в матеріалі, %:

$$\omega_m = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\%, \tag{3.2}$$

де m_1, m_2 – маса матеріалу відповідно до та після висушування.

Об'ємна вологість, %:

$$\omega_o = \frac{V_1}{V_2} \times 100\%, \tag{3.3}$$

де V_1, V_2 – відповідно об'єм вологи, що утримується в матеріалі, і об'єм матеріалу.

При однаковому значенні об'ємної вологості для двох матеріалів з різною густиною величина масової вологості буде різною: для матеріалу з меншою густиною масова вологість більше, ніж для матеріалу з більшою густиною.

Якщо відома масова вологість матеріалу ω_m і його густина ρ, об'ємну вологість визначають за формулою

$$\omega_o = \frac{\omega_m \times \rho}{1000}, \tag{3.4}$$

де ρ – густина матеріалу в сухому стані, кг/м^3.

Задача 3.3 *Зразок матеріалу до висушування мав масу 600 г, після висушування – 560 г. Визначити масове відношення вологи в матеріалі.*

За формулою (3.2.)

$$\omega_m = \frac{600 - 560}{560} \times 100 = 7{,}1 \ \%.$$

3.3 Теплопровідність

Теплопровідність – це властивість матеріалу проводити теплоту крізь свою масу. Теплопровідність виражається коефіцієнтом теплопровідності λ, чисельно рівним кількості теплоти, яка сприймається чи віддається одиницею площі ($м^2$) конструкції за одиницю часу при різниці температури середовища і температури поверхні конструкції, яка дорівнює 1 К. Кількість теплоти Q, що проходить крізь однорідну плоску стінку товщиною δ, площею F при різниці температур на поверхнях ($\tau_1 - \tau_2$) за час Z, визначається за формулою

$$Q = (\tau_1 - \tau_2) FZ \frac{\lambda}{\delta}, \tag{3.5}$$

звідки

$$\lambda = \frac{Q\delta}{(\tau_1 - \tau_2) FZ}. \tag{3.6}$$

Розрахункове значення λ матеріалів приймається з урахуванням умов експлуатації огороджувальних конструкцій, зумовлених вологісним режимом приміщень і зоною вологості території будівництва [18].

Для нових матеріалів коефіцієнти теплопровідності визначаються експериментально на зразках відповідно до [17].

Суть методу полягає у створенні стаціонарного теплового потоку, що проходить крізь плоский зразок визначеної товщини і направлений перпендикулярно до лицьових (найбільших) граней зразка, вимірюванні щільності цього теплового потоку, температури протилежних лицьових граней і товщини зразка.

Випробування теплопровідності та терміну ефективної експлуатації виконують на зразках у вигляді прямокутного паралелепіпеда, лицьові грані якого мають форму квадрата з довжиною сторони не менше ніж 300 мм. Під час проведення випробувань для визначення теплопровідності матеріалів допускається застосовувати зразки, лицьові грані яких мають форму квадрата з довжиною сторони не менше ніж 250 мм. Товщина зразка може становити від 20 мм до 50 мм.

Число зразків, необхідне для визначення ефективної теплопровідності або термічного опору, і порядок відбору зразків повинні бути вказані у стандарті на конкретний матеріал або виріб. Якщо у стандарті на конкретний матеріал або виріб не вказане число зразків, що

підлягають випробуванню, ефективну теплопровідність або термічний опір визначають на п'яти зразках.

Коефіцієнт теплопровідності λ обчислюють за [17].

Величина коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів змінюється в досить широких межах – від λ = 0,025 Вт/(м·К) (мінеральна вата) до λ = 3,49 Вт/(м·К) (граніт, гнейс, базальт). Теплопровідність металів, що застосовуються у будівництві, ще вище: для чавуну – 50, сталі – 58, алюмінію – 221, міді – 407 Вт/(м·К). Величина коефіцієнта теплопровідності для одного й того ж матеріалу не є постійною величиною і залежить від його вологості та температури, а також напрямку теплового потоку.

Визначати коефіцієнт теплопровідності матеріалів можливо за емпіричними формулами.

Так в ISO/FDIS 10456:2007(E) пропонується визначати коефіцієнт теплопровідності за формулою:

$$\lambda = \lambda_o \cdot F_T \cdot F_m \cdot F_a, \tag{3.7}$$

де λ_o – коефіцієнт теплопровідності при вологості за першого набору умов, Вт/(м·К);

γ – щільність матеріалу, кг/м^3;

F_T – коефіцієнт, що враховує зміну коефіцієнта теплопровідності від температури, визначаємо за формулою:

$$F_T = e^{f_T(T_2 - T_1)}, \tag{3.8}$$

де f_T – коефіцієнт перетворення температури;

T_1, T_2 – температура, °С, першого та другого набору умов;

F_m – коефіцієнт, що враховує зміну коефіцієнта теплопровідності від вологості за об’ємом, визначаємо за формулою:

$$F_m = e^{f_\psi(\psi_2 - \psi_1)}, \tag{3.9}$$

де f_ψ – коефіцієнт перетворення вологості за об’ємом, за джерелом [43] для мінеральної вати $f_\psi = 4$;

ψ_1, ψ_2 – вологість за об’ємом, м^3/м^3, першого та другого набору умов визначається за формулами:

$$\psi_1 = \frac{U_1}{1000}\gamma; \tag{3.10}$$

$$\psi_2 = \frac{U_2}{1000}\gamma;$$

U_1; U_2 – вагова вологість, кг/кг,

F_a – коефіцієнт, що враховує зміну коефіцієнта теплопровідності при старінні матеріалу.

У формулі (3.9) коефіцієнти, що враховують зміну коефіцієнта теплопровідності від температури та старіння матеріалу не враховуємо.

У джерелі [45] пропонується визначати коефіцієнт теплопровідності за формулою:

$$\lambda = \lambda_o(1 + \Delta\lambda_w), \tag{3.11}$$

де λ_o – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·К), у сухому стані;

$\Delta\lambda_w$ – частка збільшення коефіцієнта теплопровідності матеріалу в залежності від зміни вологості визначаємо за формулами:

- для мінеральної вати

$$\Delta\lambda_w = 3{,}64 \cdot W^{0{,}65}$$

- для пінополістиролу

$$\Delta\lambda_w = 1{,}54 \cdot W^{0{,}4}$$

За нормами [44] вологість мінеральної вати та пінополістиролу за умовами експлуатації А складає 2 %, а за умовами експлуатації Б для мінеральної вати 5 %, а пінополістиролу 10 %. Використовуючи наведені формули визначаємо значення коефіцієнтів теплопровідності при цій величині вологості матеріалів. Результати розрахунку наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати

Розрахунок за	Коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати, Вт/(м·К), при ваговій вологості, %		
	0	2	5
ДСТУ Б В.2.6-101:2010	0,049	0,064	0,081
ISO/FDIS 10456:2007(E)	0,049	0,04979	0,051
формулою (3.11)	0,049	0,063027	0,074446

На рисунку 3.1 наведені графіки залежності коефіцієнта теплопровідності мінеральної вати від вологості за різними джерелами.

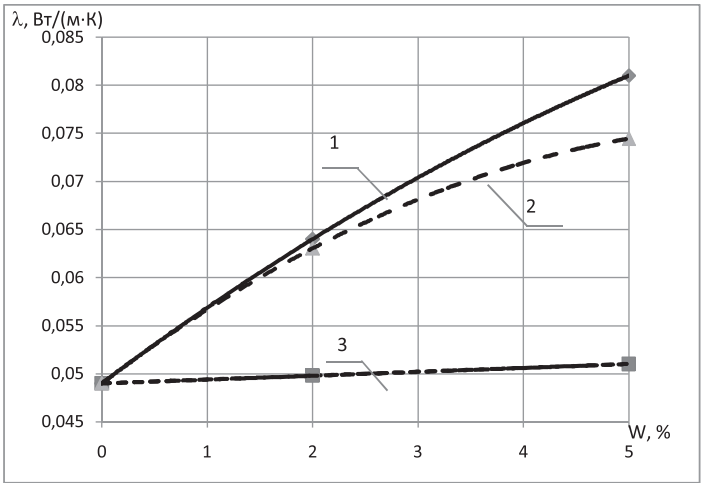


Рис. 3.1 Залежність коефіцієнта теплопровідності мінеральної вати від вологості за:
ряд 1 – ДСТУ Б В.2.6-189:2013;
ряд 2 – ISO/FDIS 10456:2007(E);
ряд 3 – джерело [45]

Як видно з графіків, на рисунку 3.1 значення коефіцієнта теплопровідності, що визначені за формулою (3.10), більш наближені до значень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

Залежність коефіцієнта теплопровідності матеріалу від густини. Для одного й того ж виду будівельного матеріалу з різною густиною коефіцієнт теплопровідності не постійний. Для матеріалу з меншою густиною він менший, з більшою густиною – більший. Для прикладу на рис. 3.2 показана залежність коефіцієнта теплопровідності газобетону від його густини. Як видно, зміна коефіцієнта теплопровідності пов'язана зі зміною пористості будівельного матеріалу. Більшість будівельних матеріалів складаються з основи (кварцу, глинозему, кальциту і т.д.) і повітря, що знаходиться в порах.

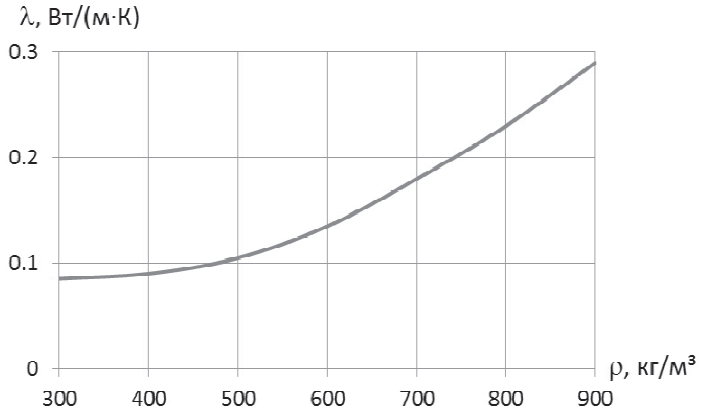


Рис. 3.2 Залежність коефіцієнта теплопровідності газобетона від густини

Коефіцієнт теплопровідності основи матеріалу має значення наведені в табл. 3.2, теплота в ньому передається тільки теплопровідністю. У дрібних порах теплота передається теплопровідністю і випромінюванням. При збільшенні розміру пор збільшується і наведений коефіцієнт теплопровідності повітря. Наприклад, при розмірі пор 0,1 мм λ = 0,024 Вт/(м·К), при розмірі пор 2 мм λ = 0,031 Вт/(м·К).

Наведений коефіцієнт теплопровідності матеріалу складається з коефіцієнтів теплопровідності основи матеріалу і повітря, що утримується в порах, пропорційно об'ємним концентраціям цих компонентів.

Таблиця 3.2

Коефіцієнт теплопровідності основи матеріалу

№	Будівельний матеріал	Значення коефіцієнту теплопровідності λ, Вт/(м·К)
1	Для органічних матеріалів	0,29 – 0,41
2	Для неорганічних матеріалів	3,25
3	Для кристалічних матеріалів	4,65 – 7,0
4	Кристалічних, при потоці тепла паралельно кристалічній поверхні	14,0
5	Для пластмас	0,17 – 0,35

Крім того, на теплопровідність матеріалу впливає величина контактних площадок між окремими частками матеріалу: чим більше площа таких площадок, тим вище коефіцієнт теплопровідності. Це справедливо і для сипучих матеріалів. При зменшенні щільності й величини зерен зменшується величина повітряних прошарків між зернами і, як наслідок, знижується коефіцієнт теплопровідності. При збільшенні розмірів зерен коефіцієнт теплопровідності підвищується.

Залежність коефіцієнта теплопровідності матеріалу від його вологості. Як було сказано вище, будівельні матеріали в експлуатаційних умовах мають певну вологість. Волога, що потрапила в матеріал, утримується в порах. Коефіцієнт теплопровідності води λ = 0,55 Вт/(м·К), тобто в 20 разів більше, ніж коефіцієнт теплопровідності повітря в порах середнього розміру. Крім того, вода в порах збільшує розміри контактних площадок, що збільшує ефективний коефіцієнт теплопровідності.

Механізм заповнення матеріалів вологою такий, що більш інтенсивно заповнюються дрібні капіляри. Чим дрібніші капіляри, тим інтенсивніше відбувається капілярне всмоктування рідини. Тому якщо розглядати залежність теплопровідності від вологості, то найбільш інтенсивне збільшення коефіцієнта теплопровідності відбувається на початковій стадії зволоження, коли заповнюються саме дрібні капіляри, які є найбільш ефективними теплоізоляторами матеріалу в сухому стані.

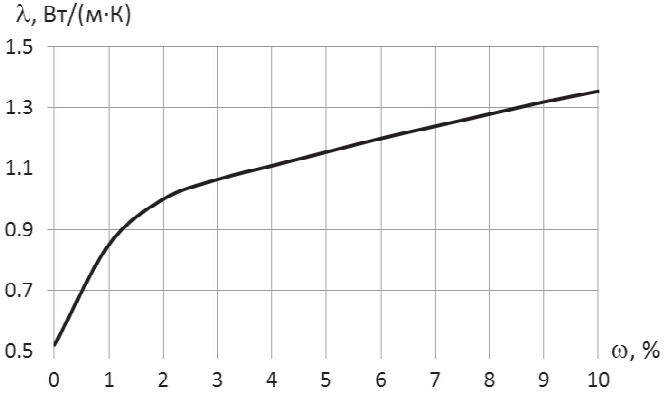


Рис. 3.3 Залежність теплопровідності керамічної цегли

При температурі нижче температури початку замерзання рідини в порах матеріалу утворюється кріофаза (іній, лід), що призводить до збільшення теплопровідності системи основа – рідина – кріофаза. Відбувається це тому, що коефіцієнт теплопровідності льоду становить λ = 2,2 Вт/(м·К), тобто в 5 разів більше ніж коефіцієнт теплопровідності

води і в 100 разів більше коефіцієнта теплопровідності повітря в порах середнього розміру. При утворенні в порах матеріалу інею величина коефіцієнта теплопровідності системи може знижуватися, оскільки теплопровідність пухкого інею менша теплопровідності води і льоду і становить λ = 0,1 Вт/(м·К).

Температура фазового переходу вода – лід у порах матеріал у залежить від енергії зв'язку вологи з основою матеріалу, а отже і від його вологості. Причому чим вище енергія зв'язку, тим нижче температура замерзання рідини. Або чим сильніше зволожений матеріал, тим більше рідини перетвориться в лід за інших рівних умов.

При малій вологості матеріалу волога в порах може не замерзати і при –40 °С.

Дані про величину коефіцієнта теплопровідності матеріалів у сухому стані, тобто величину коефіцієнта теплопровідності системи: основу матеріалу – повітря, наведені в ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

Оцінка впливу величини вологості й кріофази на теплопровідність матеріалу наведена в підручнику [39].

Теплопровідність збільшується з підвищенням вологості матеріалу. Тому значення коефіцієнтів теплопровідності наводяться в ДБН В.2.6-31-2006 для умов експлуатації огороджувальних конструкцій "А" і "Б", які визначають за таблицею 5.10 або [6], додатком К залежно від вологісного режиму приміщення (табл. 5.9 або [6], табл. Г.1). Режим приміщень може бути сухий, нормальний, вологий і мокрий.

Умови експлуатації "Б" характеризуються більшою вологістю матеріалів, унаслідок чого коефіцієнт теплопровідності за графою "Б" більший, ніж за графою "А": для бетонів на 10-15 %, цегляної кладки – 16-20 %, фанери – 20 %, сосни впоперек волокон – 21 %, уздовж волокон – 28 %.

Залежність коефіцієнта теплопровідності матеріалу від температури. Теплопровідність будівельних матеріалів зростає при підвищенні температури, що пов'язано зі збільшенням кінетичної енергії молекул основи матеріалу. Крім цього при збільшенні температури також зростає теплопровідність повітря, що знаходиться в порах будівельних матеріалів, а також інтенсивність передачі тепла в порах матеріалу випромінюванням (рис. 3.4).

Зміна теплопровідності внаслідок коливань температури має невелике значення в будівельній практиці, тому що перепади температур при експлуатації конструкцій не перевищують 100°С. При застосуванні ж будівельних матеріалів для теплоізоляції поверхонь, що мають високу температуру, вплив температури на коефіцієнт теплопровідності доводиться враховувати.

Залежність коефіцієнта теплопровідності матеріалу від напрямку теплового потоку. Цей ефект спостерігається тільки для анізотропних

матеріалів. Значення коефіцієнта теплопровідності для деревини залежно від напрямку теплового потоку наведені у таблиці 3.3.

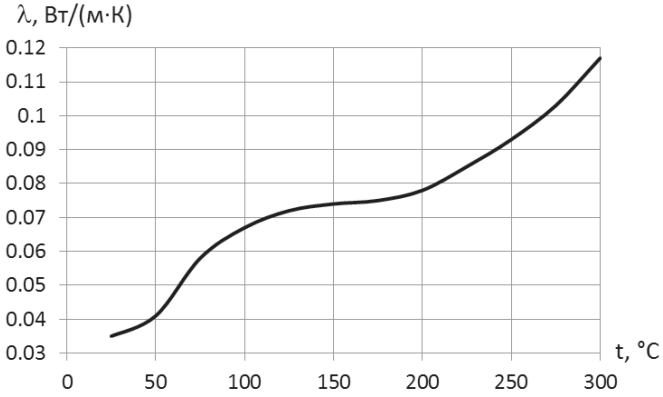


Рис. 3.4 Залежність теплопровідності мінераловатних матів від температури

Таблиця 3.3

Коефіцієнти теплопровідності деяких анізотропних матеріалів

Найменування матеріалу	Густина ρ, кг/м^3	Коефіцієнт теплопровідності λ, Вт/(м·К)
Сосна і ялина поперек волокон	500	0,14
Сосна і ялина вздовж волокон	500	0,29
Дуб поперек волокон	700	0,18
Дуб вздовж волокон	700	0,35

Дане явище пояснюється тим, що при напрямку перпендикулярно до волокон тепловому потоку доводиться долати опір великої кількості дрібних капілярів з повітрям. При русі потоку теплоти уздовж волокон теплота проходить по стінках капілярів. Це явище треба враховувати при проектуванні теплозахисних конструкцій з деревини і шаруватих матеріалів.

Задача 3.4 *Визначити кількість теплоти, що проходить крізь 1м^2 зовнішнього огородження за 1 годину. Товщина огородження δ = 0,35м,*

коефіцієнт теплопровідності λ = 0,33Вт/(м·К), температура внутрішньої поверхні $\tau_{вн} = 12°C$, зовнішньої поверхні $\tau_{зн} = -25°C$.

$$Q = (\tau_в - \tau_{зн}) FZ \frac{\lambda}{\delta} = (12 + 25) \times 1 \times 1 \times \frac{0,33}{0,35} = 35\ Вт \cdot год = 126\ кДж.$$

Задача 3.5 *Визначити коефіцієнт теплопровідності матеріалу зовнішнього огородження товщиною δ = 0,3м, якщо через 1м^2 його поверхні проходить тепловий потік 60 Вт при різниці температур на поверхнях огородження 40°С.*

$$\lambda = \frac{Q\delta}{(\tau_в - \tau_{зн}) FZ} = \frac{60 \times 0,3}{40 \times 1 \times 1} = 0,45\ Вт/(м \cdot К).$$

3.4 Теплоємність

Теплоємність – це властивість матеріалів поглинати теплоту при підвищенні температури. Показником теплоємності є питома теплоємність матеріалу *с*, що дорівнює кількості теплоти в джоулях, необхідної для підвищення температури 1 кг матеріалу на 1К.

У [18] питомі теплоємності наведені для будівельних матеріалів у сухому стані. Для матеріалів із заданою вологістю розрахункові значення питомої теплоємкості

$$c = \frac{c_o + 0,0419\omega}{1 + 0,01\omega}, \qquad (3.12)$$

де c_o – питома теплоємкість матеріалу в сухому стані, кДж/(кг·К);

ω – масове відношення вологи в матеріалі, %.

Якщо будівельний матеріал складається з декількох матеріалів, його питома теплоємність

$$c = \frac{c_1 m_1 + c_2 m_2 + ... + c_n m_n}{m_1 + m_2 + ... + m_n}, \qquad (3.13)$$

де $c_1, c_2, ..., c_n$ – питомі теплоємності складових матеріалів;

$m_1, m_2 ... m_n$ – маси складових матеріалів.

Найбільшу теплоємність з будівельних матеріалів має дерево – 2,3 кДж/(кг·К), найменшу сталь і мідь – 0,42 кДж/(кг·К). Теплоємність повітря при температурі +20°С становить 1,005 кДж/(кг·К), теплоємність води 4,183 кДж/(кг·К).

Задача 3.6 *Визначити розрахункове значення питомої теплоємності керамзитобетону при його вологості 5 %.*

$$c = \frac{c_o + 0{,}0419\omega}{1 + 0{,}01\omega} = \frac{0{,}84 + 0{,}0419 \times 5}{1 + 0{,}01 \times 5} = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot K),$$

де c_o = 0,84кДж/(кг·К) – питома теплоємність матеріалу в сухому стані [18].

Задачі для самостійного розв'язання

Задача 3.7 *Визначити дійсну густину матеріалу, якщо відомо, що середня його густина складає 800 кг/м^3, а пористість – 40 %.*

Задача 3.8 *Зразок матеріалу до висушування мав масу 1 кг, після висушування 0,9 кг. Визначити масове відношення вологи в матеріалі.*

Задача 3.9 *Визначити, яка кількість теплоти проходить за добу крізь 1 м^2 зовнішнього огородження товщиною 0,3 м, якщо середня за добу різниця температур на його поверхнях складає 38°С, а коефіцієнт теплопровідності матеріалу огородження дорівнює 0,33 Вт/(м·К).*

Задача 3.10 *Із зовнішньої огороджувальної конструкції вирубали зразок розміром 20×20×20 см, маса якого 8 кг. У результаті лабораторних випробувань було визначено масове відношення вологи в матеріалі ω = 5%. Визначити пористість матеріалу, якщо відомо, що дійсна його щільність дорівнює 2400 кг/м^3.*

Задача 3.11 *Тепловий потік, що проходить через 1 м^2 огороджувальної конструкції, дорівнює 30 Вт. Перепад температур на протилежних поверхнях огородження склав 30°С. Визначити коефіцієнт теплопровідності λ матеріалу огороджувальної конструкції, якщо її товщина 0,3 м.*

3.5 Теплозасвоєння матеріалів

Коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу огородження S характеризує його здатність сприймати теплоту при коливанні температури на поверхні. Значення цього коефіцієнта залежно від теплофізичних властивостей матеріалу (λ, c, ρ) і циклічної частоти коливання температури $w = 2\pi/Z$

$$S = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c \cdot \rho}{Z}}, \qquad (3.14)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·К); с – теплоємність, Дж/(кг·К); ρ – щільність матеріалу, кг/м^3.

Коефіцієнт S в заданий розрахунковий період часу Z залежить тільки від властивостей матеріалу, тому його можна вважати фізичною характеристикою матеріалу огородження.

Звичайно в теплотехнічних розрахунках огороджень крім підлоги приймають період коливання $Z = 24$ години, тоді

$$S_{24} = 0,51\sqrt{\lambda \times c \times \rho}, \tag{3.15}$$

При розрахунку теплозасвоєння підлоги період нестаціонарних теплових впливів умовно приймається рівним 6 годин замість 24 годин. При $Z = 6$ годин :

$$S_6 = 1,02\sqrt{\lambda \times c \times \rho} = 2 \times S_{24}, \tag{3.16}$$

Властивість теплозасвоєння матеріалу наочно ілюструє наступний приклад. Якщо стати босою ногою на підлогу із соснових дощок (S_{24} = 3,6 Вт/(м^2·К)), а потім на бетонну (S_{24} = 11,2 Вт/(м^2·К)), то в першому випадку здасться, що підлога тепла, а в другому – холодна, хоч температура поверхні підлоги в обох випадках однакова. Це явище пояснюється тим, що організм людини реагує не на температуру навколишнього середовища, а на інтенсивність віддачі тепла тілом, тобто на тепловий потік. У випадку з дерев'яною підлогою буде відводитись менша кількість теплоти внаслідок невеликої величини теплозасвоєння деревини, що й дає відчуття теплої підлоги (табл. 3.4)

Таблиця 3.4

Коефіцієнти теплозасвоєння матеріалів

Назва матеріалу	Коефіцієнт теплозасвоєння S, Вт/(м^2·К)
Лінолеум	8,5
Залізобетон	17,9
Плити мінераловатні	0,6

Питання для самоперевірки

1. Пористість і густина будівельних матеріалів.
2. Вологість будівельних матеріалів та її вплив на теплопровідність.
3. Теплопровідність будівельних матеріалів.
4. Теплоємність та теплозасвоєння будівельних матеріалів.

4 ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ПРИ СТАЦІОНАРНОМУ ПОТОЦІ ТЕПЛОТИ

4.1 Теплопередача теплопровідністю

При наявності різниці температур у якомусь середовищі (твердому, газоподібному або рідкому) спостерігається процес передачі теплоти в напрямку від більш високої до більш низької температури.

Передача теплоти крізь огороджувальні конструкції проходить при нестаціонарному тепловому потоці, що зумовлюється нестаціонарністю зовнішніх і внутрішніх кліматичних впливів.

У холодний період року в опалюваних будинках теплота передається через зовнішні огородження з будинку. У приміщеннях, що охолоджуються, наприклад у низькотемпературних камерах холодильників, у теплий період року теплота передається в зворотному напрямку – в середину будинку.

Зважаючи на те, що розрахунок при стаціонарному тепловому потоці значно спрощується і забезпечує достатню точність, нормами будівельного проектування [6] припускається: розрахунки огороджувальних конструкцій для холодного періоду року виконувати за умови сталості в часі теплового потоку і температури огородження.

Для теплого періоду року розрахунок може проводитись як при стаціонарних, так і при нестаціонарних умовах залежно від задачі, яка вирішується.

Розрахунок теплопередачі огороджень, що мають виступи або кути, теплопровідні вкраплення, а також у місцях примикання їх до інших огороджень, виконується на підставі побудови температурного поля [41].

Теплопередача може здійснюватися теплопровідністю, конвекцією і випромінюванням.

Теплопровідність як вид передачі теплоти характерна для твердого, рідкого і газоподібного середовищ.

Будівельні матеріали найчастіше бувають пористими. У їх порах можливі всі три види теплопередачі. При теплотехнічних розрахунках можна вважати, що розподіл теплоти в будівельних матеріалах відбувається лише за законами теплопровідності.

Процес теплопровідності в матеріальних прошарках огороджувальної конструкції підпорядковується закону Фур'є, який стверджує, що тепловий потік пропорційний градієнту температури.

Кількість теплоти, яка передається теплопровідністю через плоске однорідне огородження площею 1 м^2 за 1 годину, називається щільністю теплового потоку, Вт/м^2:

$$q = \frac{\lambda}{\delta}(\tau_1 - \tau_2), \qquad (4.1)$$

де δ – товщина огородження, м;

τ_1, τ_2 – температура протилежних поверхонь огородження, °С.

Із (4.1) видно, що щільність теплового потоку прямо пропорційна теплопровідності матеріалу огородження, температурному напорові й обернено пропорційна товщині огородження.

4.2 Теплопередача конвекцією

Природна і вимушена конвекція може відбуватися в рідких та газоподібних середовищах. Перенос теплоти здійснюється частинками рідини або газу, що рухаються. Якщо рух частинок зумовлюється різною густиною речовини, викликаної наявністю різниці температур у середовищі, має місце природна конвекція. Вимушена конвекція спостерігається, якщо рух частинок викликаний зовнішніми силами (загальною рухливістю повітря за рахунок аерації, штучним перемішуванням середовища і т.п.).

Кількість теплоти, яка передається конвекцією, залежить від режиму руху газу або рідини, їх щільності, в'язкістю, від положення поверхні теплообміну в просторі, стану цієї поверхні й інших чинників.

У граничному прошарку рідини або газу передача теплоти відбувається конвекцією і теплопровідністю. Спільний вплив конвекції та теплопровідності називається конвективним теплообміном.

Відповідно до формули Ньютона тепловий потік при конвективному теплообміні повітря з поверхнею огородження

$$Q_к = \alpha_к \left(t_{вн} - \tau_{вн}\right) F, \tag{4.2}$$

де $\alpha_к$ – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, рівний тепловому потокові, переданому 1м^2 поверхні огородження протягом 1 години при різниці температур між повітрям і поверхнею 1 °С, Вт/(м^2·К);

$t_{вн}$, $\tau_{вн}$ – температура відповідно повітря і поверхні, °С;

F – площа поверхні огородження, м^2.

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією для вертикальних внутрішніх поверхонь зовнішніх стін і підлоги в опалюваних приміщеннях

$$\alpha_к = 1,66\sqrt{\Delta t}, \tag{4.3}$$

де $\Delta t = t_{вн} - \tau_{вн}$ – температурний перепад між температурою повітря і температурою внутрішньої поверхні огородження, °С.

Для горизонтальних поверхонь стель значення $\alpha_к$, знайдене за (4.3), рекомендується збільшувати на 30 %.

Задача 4.1 *Визначити конвективний тепловий потік, переданий від внутрішнього повітря до внутрішньої поверхні вертикального огородження площею 10 м^2, якщо температурний перепад між температурою повітря в приміщенні і температурою внутрішньої поверхні огородження 6°С.*

Конвективний тепловий потік за формулою (4.2):

$$Q_к = \alpha_к \left(t_{вн} - \tau_{вн}\right) F = 4{,}1 \times 6 \times 10 = 246\ Вт.$$

Коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній вертикальній поверхні зовнішнього огородження визначаємо за формулою (4.3)

$$\alpha_к = 1{,}66\sqrt{6} = 4{,}1\ Вт/(м^2 \cdot К).$$

4.3 Теплопередача випромінюванням

Теплове випромінювання властиве всім тілам, що мають температуру вище від абсолютного нуля (–273°*С*).

Променева енергія поширюється в газовому середовищі або в пустоті. При взаємному променевому теплообміні двох поверхонь відбувається подвійне перетворення енергії: теплової у променисту на поверхні, що випромінює, і променевої в теплову на поверхні тіла, яке поглинає променеве тепло. Аналогічне перетворення променевої енергії має місце й у повітряному середовищі, до складу якого входять багатоатомні гази.

Щільність теплового потоку, переданого випромінюванням між двома поверхнями, що розташовані довільно в просторі,

$$q_{1-2} = \varepsilon_{пр1-2} C_o \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] \phi_{1-2}, \qquad (4.4)$$

де $\varepsilon_{пр1-2}$ – приведений відносний коефіцієнт випромінювання поверхонь, що знаходяться в променевому теплообміні;

$C_o = 5{,}77\ Вт/(м^2 \cdot К^4)$ – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла;

T_1, T_2 – абсолютні температури поверхонь, що знаходяться в променевому теплообміні, К;

ϕ_{1-2} – коефіцієнт опромінення, що виражає частку променевого тепла, що падає на поверхню 2, від усього потоку, який випромінюється поверхнею 1.

Значення відносного коефіцієнта випромінювання ε поверхонь різноманітних будівельних матеріалів приводяться в [1] (наприклад, цегла – 0,93; фарби масляні – 0,81; гладка поверхня бетону – 0,62; алюміній матовий – 0,055).

При визначенні $\varepsilon_{пр}$ можливе взаємне розташування поверхонь у просторі зводиться до трьох випадків.

1. Дві паралельні поверхні, відстань між якими мала порівняно з їх розмірами

$$\varepsilon_{пр1-2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}. \tag{4.5}$$

2. Поверхня F_1 з усіх боків оточена поверхнею F_2

$$\varepsilon_{пр1-2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2}\left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)}. \tag{4.6}$$

3. Променевий теплообмін відбувається між поверхнями малої площі або велика відстань між цими поверхнями

$$\varepsilon_{пр1-2} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 . \tag{4.7}$$

Значення коефіцієнта опромінення φ не залежать від температури поверхонь, а визначаються тільки взаємним розташуванням і геометричними розмірами поверхонь, що беруть участь у променевому теплообміні [1].

4.4 Нормативні коефіцієнти теплосприйняття і тепловіддачі

Загальний коефіцієнт теплообміну α на поверхнях зовнішніх огороджувальних конструкцій дорівнює сумі коефіцієнтів конвективного $\alpha_к$ і променевого $\alpha_п$ теплообміну:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_п, \tag{4.8}$$

Нормовані значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішніх $\alpha_в$ та зовнішніх $\alpha_{зн}$ поверхонь огороджувальних конструкцій наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\alpha_в$ та зовнішньої $\alpha_{зн}$ поверхонь огороджувальних конструкцій (дод. Б, [18])

№.	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2·К)	
		$\alpha_в$	$\alpha_{зн}$
1	Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	8,7	23
2	Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
3	Горищні покриття, перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентильованим повітряним прошарком, що вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	12
4	Горищні перекриття та перекриття над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	6
5	Вікна, двері балконні та вхідні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
6	Зенітні ліхтарі	9,9	23

4.5 Математичне формулювання задачі

Стаціонарний процес передачі тепла через огородження, коли всі параметри залишаються незмінними в часі, є найбільш простим випадком теплопередачі. В огороджувальних конструкціях, виконаних з твердих матеріалів, передача тепла від теплої поверхні конструкції до холодної здійснюється переважно шляхом теплопровідності.

В загальному вигляді кількість теплоти Q, яка передається теплопровідністю, виражається як

$$Q = -\lambda \cdot \text{grad}\, t \cdot F \cdot \tau\,, \qquad (4.9)$$

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу конструкції, Вт/м·К;

grad t – градієнт температури у напрямку x, зворотному потоку тепла, °С;

F – площа, м^2;

t – час, год.

Знак мінус відповідає тому положенню, що потік теплоти завжди направлений в бік зниження температур.

Для вирішення питань будівельної теплотехніки та для визначення температур в елементах конструкцій розраховують температурне поле.

Найпростішим є одновимірне стаціонарне температурне поле, яке для багатошарового огородження може визначатися диференціальним рівнянням

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\lambda(x)\frac{\partial t}{\partial x}\right]=0, \tag{4.10}$$

де $\lambda(x)$ – теплопровідність матеріальних шарів огородження.

Якщо лінійний масштаб перерізу огородження замінити масштабом термічних опорів $R=x/\lambda$, то вище наведене рівняння можна переписати у вигляді

$$\frac{\partial^2 t}{\partial R^2}=0. \tag{4.11}$$

Розподіл температур в огородженні визначається за формулою

$$t_x = t_{вн} - \frac{t_{вн}-t_{зн}}{R_\Sigma}\left(R_{вн}+\sum_{i=1}^{m}\frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}+\frac{x-\sum_{i=1}^{m}\delta_i}{\lambda_{(m+1)p}}\right), \tag{4.12}$$

де t_x – температура у довільному перерізі x огородження;

$t_{вн}$ і $t_{зн}$ – температура внутрішнього і зовнішнього середовищ;

R_Σ – опір теплопередачі огородження;

m – кількість повних шарів огородження від внутрішньої поверхні до перерізу x;

δ_i, λ_{ip} – відповідно товщина та коефіцієнт теплопровідності повних шарів огородження від внутрішньої поверхні до перерізу x;

$\lambda_{(m+i)p}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, де розташований переріз x.

В реальних конструкціях зовнішніх огороджень фактично не можна виділити площу, в межах якої забезпечується одномірність температурного поля. Наявність в конструкції огородження теплопровідних включень у вигляді внутрішніх і зовнішніх виступаючих частин, примикань внутрішніх конструкцій призводе до виникнення в них складних дво- і тримірних температурних полів.

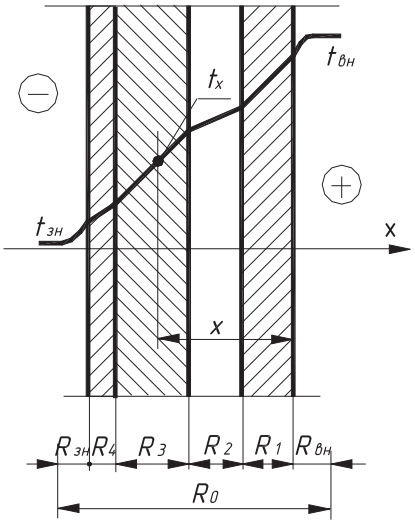


Рис. 4.1 Одномірне температурне поле багатошарового огородження

Диференціальне рівняння Лапласа для двомірного плоского температурного поля (при встановленому розподілі температур в однорідному температурному середовищі), розгляд якого часто є достатнім при рішенні задач будівельної теплотехніки, має вигляд

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = 0 \,. \tag{4.13}$$

В неоднорідному матеріальному середовищі диференціальне рівняння плоского температурного поля має вигляд

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_x \frac{\partial t}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_y \frac{\partial t}{\partial y}\right) = 0 \,, \tag{4.14}$$

де λ – задане значення теплопровідності окремих частин двомірного перерізу огородження.

Рішення цього рівняння складніше, ніж рівняння для одновимірного температурного поля. Аналітичні методи можуть бути використані для обмеженого кола задач. Для переважної кількості практичних задач, коли поряд з двовимірністю поля приходиться враховувати його неоднорідність,

аналітичні методи не можуть використовуватись. В цьому випадку використовуються чисельні методи, які достатньо точні та прості для розрахунку. До таких методів належить метод скінчених різниць або метод скінчених елементів. Для розрахунку потрібно визначити область моделювання та граничні умови [38].

Граничні умови I роду – завдання розподілу температури по поверхні тіла в будь-який момент часу. В окремому випадку $t_п(\tau)$ = const, тобто температура на поверхні стала на протязі всього процесу теплообміну. В даній моделі сталою прийнято температуру ґрунту на глибині 6 м від денної поверхні, як середньорічну для відповідних кліматичних умов.

Гранична умова II роду – завдання щільності теплового потоку для кожної точки поверхні тіла, як функції часу. Окремий випадок складає сталість щільності теплового потоку $q_п(\tau)$ = const. Ця умова прийнята для перерізів де температурне поле одномірне і $q_п(\tau) = 0$.

Гранична умова III роду – завдання температури навколишнього середовища і закону теплообміну між поверхнею тіла і навколишнім середовищем . Тобто кількість тепла, яка передається в одиницю часу з одиниці поверхні тіла в навколишнє середовище з температурою t_c, наприклад, в процесі охолодження ($t_п > t_c$), прямо пропорційна різниці температур між поверхнею тіла і навколишнім середовищем $t_c(\tau)$, яка в загальному випадку є функцією часу

$$q_п(\tau) = \alpha[t_п(\tau) - t_c(\tau)],$$

де α – коефіцієнт пропорційності (коефіцієнт теплообміну).

Граничні умови IV роду відповідають теплообміну поверхні тіла з обмежуючим середовищем (конвективний теплообмін тіла з рідиною) чи теплообміну контактуючих твердих тіл, коли температура контакту поверхонь однакова. При обтіканні твердого тіла потоком рідини (газу) передача тепла від рідини (газу) до поверхні тіла на незначній відстані від поверхні тіла відбувається по закону теплопровідності, тоді

$$T_{cm}(t) = [T_{cp}(t)]_{cm}$$

Крім рівності температур, має місце рівність потоків тепла, тобто

$$-\lambda_{cp}\left(\frac{\partial t_{cp}}{\partial n}\right)_{cm} = -\lambda\left(\frac{\partial t}{\partial n}\right)_{cm}$$

4.6 Опір теплопередачі огородження

Для плоских огороджень або огороджень, які мають круговий обрис, кількість теплоти, що рухається крізь них,

$$Q = k_o(t_в - t_{зн})FZ, \quad (4.15)$$

де k_0 – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м^2·К);

$t_в$, $t_{зн}$ – температура відповідно внутрішнього і зовнішнього повітря, °С;

F – площа огородження, м^2;

Z – тривалість передачі теплоти, год.

Тепловий потік, що походить крізь огородження, переборює деякий опір R_o, який характеризується величиною, оберненою коефіцієнту теплопередачі $R_0 = \frac{1}{k_0}$, і називається опором теплопередачі, м^2·К/Вт.

Якщо замість різниці температур повітря підставити температуру внутрішньої $\tau_в$ і зовнішньої $\tau_{зн}$ поверхні, формула набуде вигляду

$$Q = k(\tau_В - \tau_{ЗН})FZ, \quad (4.16)$$

де k – коефіцієнт теплопроникнення огородження, Вт /(м^2·К).

Величина, обернена коефіцієнту теплопроникнення, називається термічним опором теплопередачі огородження $R = \frac{1}{k}$, м^2·К/Вт.

При стаціонарних умовах теплопередачі тепловий потік, що проходить крізь огородження в будь-якому його перетині, не змінний. Температура буде знижуватися від $t_в$ до $t_{зн}$ (рис. 4.2).

Зниження температури викликано відповідним опором теплопередачі.

Загальний опір теплопередачі визначається формулою:

$$R_\Sigma = R_в + R_к + R_{зн}, \quad (4.17)$$

де $R_в$ – опір тепловіддачі внутрішньою поверхнею, м^{2}К/Вт;

$$R_в = 1/\alpha_{вн}$$

$R_{зн}$ – опір тепловіддачі зовнішньою поверхнею, м^{2}К/Вт;

$$R_{зн} = 1/\alpha_{зн}$$

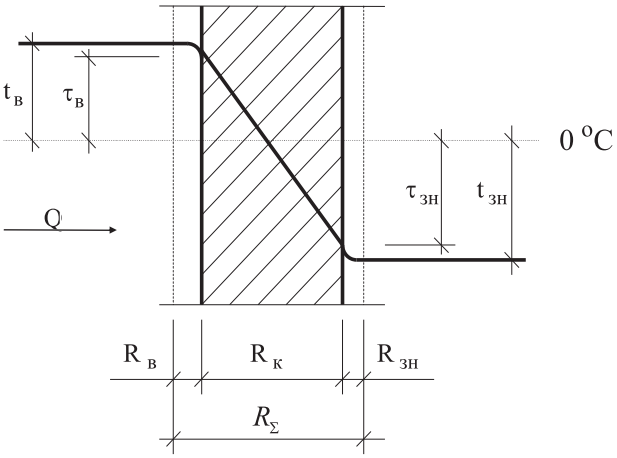


Рис. 4.2 Графік зниження температури в однорідному огородженні

$R_к$ – термічний опір огородження, м^{2}К/Вт.

Термічний опір огородження прямо пропорційний його товщині δ, м і обернено пропорційний коефіцієнту теплопровідності λ:

$$R_к = \delta / \lambda. \tag{4.18}$$

Для багатошарового огородження термічний опір дорівнює сумі термічних опорів окремих прошарків:

$$R_k = R_1 + R_2 + ... + R_n = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + ... + \frac{\delta_n}{\lambda_n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \tag{4.19}$$

Термічний опір огородження не залежить від порядку розташування прошарків, проте теплостійкість огородження, розподіл температур та вологості по товщині огородження залежать від порядку розташування прошарків.

Задача 4.2 *Визначити термічний опір прошарку м'яких мінераловатних плит товщиною 0,1 м (при умовах експлуатації А).*

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1}{0,052} = 1,92 \; м^2 \cdot K / Вт,$$

де $\lambda = 0,052\ Вт/(м \cdot К)$ *– розрахунковий коефіцієнт теплопровідності мінераловатних плит (приймаємо за додатком А або таблицею А1 [18]).*

Задача 4.3 *Визначити опір теплопередачі зовнішньої двошарової стінової панелі, внутрішній шар якої виконаний із важкого бетону* $\gamma_o = 2500\ кг/м^3$, *товщиною 0,1 м; теплоізоляційний – із керамзитобетону на керамзитовому піску* $\gamma_o = 1000\ кг/м^3$, *товщиною 0,18 м; зовнішній фактурний – із цементно-піщаного розчину* $\gamma_o = 1800\ кг/м^3$, *товщиною 0,02м. Умови експлуатації огороджувальної конструкції А.*

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{зн}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{1,92} + \frac{0,18}{0,33} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{1}{23} = 0,78\ м^2 \cdot К / Вт,$$

де $\alpha_в = 8,7\ Вт/(м^2 \cdot К)$ *– коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, приймаємо за табл. 4.1 або дод. Б., [18];*

δ_1, δ_2, δ_3 *– товщина відповідно внутрішнього, теплоізоляційного і зовнішнього фактурного шару стінової панелі, м;*

$\lambda_1 = 1,92\ Вт/(м \cdot К)$, $\lambda_2 = 0,33\ Вт/(м \cdot К)$, $\lambda_3 = 0,76\ Вт/(м \cdot К)$ *– коефіцієнти теплопровідності відповідно внутрішнього, теплоізоляційного і фактурного шару стінової панелі (додаток А. або таблиця А1., [18]).*

$\alpha_{зн} = 23\ Вт/(м^2 \cdot К)$ *– коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції (табл. 4.1 або дод. Б., [18]).*

4.7 Розрахунок температури по перетину огороджувальної конструкцій

При оцінці теплотехнічних властивостей огороджувальної конструкцій необхідно знати розподіл температури по їх перетину і на поверхнях. Температура внутрішньої поверхні огородження впливає на можливість конденсаційного зволоження поверхні огородження, що неприпустимо за санітарно-гігієнічними вимогами. Знати температури по перерізу необхідно для розрахунку вологісного режиму огородження.

Щільність теплового потоку q, що проходить крізь огородження прямо пропорційна температурному напорові $(t_в - t_{зн})$ і обернено пропорційна опору теплопередачі R_Σ огородження

$$q = \frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma} \tag{4.20}$$

За аналогією щільність теплового потоку, що сприймається внутрішньою поверхнею,

$$q_в = \frac{t_в - \tau_в}{R_в} \tag{4.21}$$

Оскільки при стаціонарних умовах теплопередачі крізь будь-який шар однорідний у площині, перпендикулярній до теплового потоку, проходить однаковий за щільністю тепловий потік $q = q_в$, прирівнюємо праві частини формул (4.20) – (4.21)

$$\frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma} = \frac{t_в - \tau_в}{R_в}$$

Звідки одержимо розрахункову формулу температури внутрішньої поверхні огородження $\tau_в$

$$\tau_в = t_в - \frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma} R_в = t_в - \frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma \cdot \alpha_в}. \tag{4.22}$$

У загальному вигляді формула для визначення температури в будь-якому перетині *n* по товщині огородження має вигляд

$$\tau_i = t_в - \frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + \Sigma R_i\right) \tag{4.23}$$

де ΣR_i – термічний опір шарів огороджувальної конструкції, $м^2 \cdot К/Вт$, розташованих між внутрішньою поверхнею огородження та перетином де визначається температура.

Із цієї формули можна зробити важливий висновок, що підвищенню температури в шарах, розташованих із внутрішньої сторони огородження, сприяє виконання цих шарів із матеріалів із великими коефіцієнтами теплопровідності. Шари огородження з меншими коефіцієнтами теплопровідності варто розташовувати із зовнішньої сторони огородження. Такий принцип конструювання зовнішніх огороджень сприяє також поліпшенню вологісного режиму огороджувальної конструкцій.

Щільність теплового потоку, що проходить крізь будь-який *i*-й шар багатошарового огородження визначається за формулою

$$q = \frac{\tau_i - \tau_{i+1}}{R_\text{i}} = \text{tq}\,\beta \tag{4.24}$$

де τ_i, τ_{i+1} – температури, °С, на поверхнях шару матеріалу огородження;

R_i – термічний опір, $м^2 \cdot К/Вт$, i-го шару огороджувальної конструкції;

де β – кут нахилу лінії розподілу температури у товщі огородження, поданого в масштабі термічних опорів.

Більш наочним є графічний метод розрахунку температури в огородженнях.

Побудова лінії розподілу температур виконується в такий послідовності (див. рисунок 4.3):

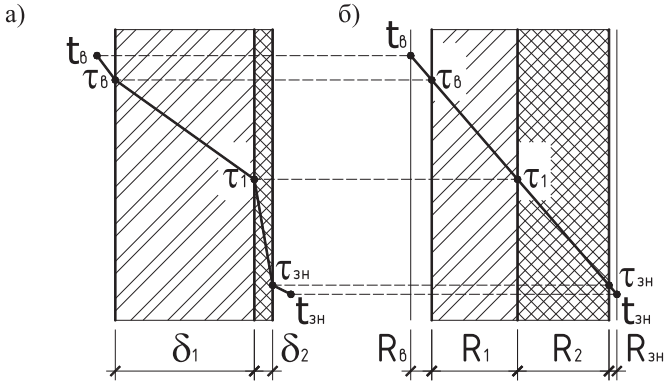


Рис. 4.3 Графічний метод визначення температур в огородженні: а) схема перетину огородження в лінійному масштабі; б) схема перетину огородження в масштабі термічних опорів теплопередачі

1. Визначаємо опір тепловіддачі на внутрішній $R_в$ та зовнішній $R_{зв}$ поверхні огородження;

2. Визначаємо термічний опір шарів огороджувальної конструкції R_i;

3. Поряд зі схемою огородження виконаною у лінійному масштабі будуємо схему де замість товщини шарів відкладають у масштабі величину термічного опору цих шарів R_i;

4. З боків огородження відкладають величини опору теплообміну на внутрішній $R_в$ та зовнішній $R_{зв}$ поверхні;

5. На крайніх лініях схеми відкладають по вертикалі в масштабі значення температур $t_в$ та $t_{зн}$ та з'єднують їх прямою лінією. Точки перетину цієї лінії з вертикальними лініями є значеннями температури на межі шарів огородження та її поверхнях.

6. Переносимо отримані температури на схему виконану у лінійному масштабі;

7. З'єднуємо отримані точки та отримуємо графі розподілу

температури по перетину огородження.

Нахил лінії більший (тобто спостерігається більш інтенсивне зниження температури) у матеріалах, що мають малу теплопровідність, і менший – у матеріалах, які мають більшу теплопровідність.

Задача 4.4 *Побудувати графоаналітичним методом графік розподілу температури по перетину зовнішньої стіни житлового будинку. Схема огородження наведена на рисунку 4.4. Кліматичні умови прийняти для міста Полтава.*

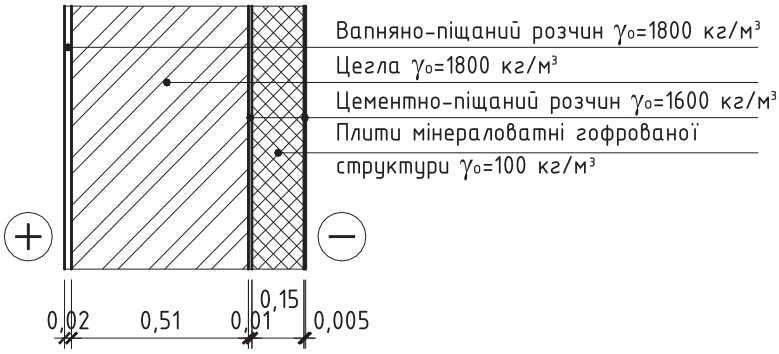


Рис.4.4 Розрахункова схема огородження

За таблицею 5.7 або дод. В табл. В.2 [6] визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря – $t_в = 20°C$.

За таблицею 5.7 або дод. В табл. В.2 [6] визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря – $\varphi_в = 55\%$.

За таблицею 5.6 або дод. В табл. В.1 [6] визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За таблицею 5.9 або дод. В [6] визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальній конструкції – Б;

По додатком А або таблицею А1 [18] визначаємо розрахункові коефіцієнти теплопровідності матеріалів шарів огороджувальної конструкції:

- *вапняно-піщаний розчин* $\lambda_1 = 0{,}93\ Вт/(м \cdot К)$;
- *цегла* $\lambda_2 = 0{,}81\ Вт/(м \cdot К)$;
- *цементно-піщаний розчин* $\lambda_3 = 0{,}81\ Вт/(м \cdot К)$;
- *мінеральна вата* $\lambda_4 = 0{,}06\ Вт/(м \cdot К)$;
- *цементно-піщаний розчин* $\lambda_5 = 0{,}81\ Вт/(м \cdot К)$.

За таблицею 5.11 або дод. В [6] визначаємо розрахункова температура зовнішнього повітря – $t_{зн} = -22\ °C$.

Визначаємо термічний опір шару:

- *вапняно-піщаного розчину за формулою*

$$R_{в.п} = \frac{\delta_{в.п}}{\lambda_{в.п}} = \frac{0{,}02}{0{,}93} = 0{,}022\ м^2 \cdot К/Вт;$$

- *цегли за формулою*

$$R_{ц} = \frac{\delta_{ц}}{\lambda_{ц}} = \frac{0{,}51}{0{,}81} = 0{,}63\ м^2 \cdot К/Вт;$$

- *цементно-піщаного розчину за формулою*

$$R_{ц.п} = \frac{\delta_{ц.п}}{\lambda_{ц.п}} = \frac{0{,}01}{0{,}81} = 0{,}012\ м^2 \cdot К/Вт;$$

- *мінеральної вати за формулою*

$$R_{м.в} = \frac{\delta_{м.в.}}{\lambda_{м.в.}} = \frac{0{,}15}{0{,}06} = 2{,}5\ м^2 \cdot К/Вт$$

- *цементно-піщаного розчину за формулою*

$$R_{ц.п} = \frac{\delta_{ц.п}}{\lambda_{ц.п}} = \frac{0{,}005}{0{,}81} = 0{,}006 м^2 \cdot К/Вт.$$

Визначаємо опір теплообміну на:

- *внутрішній поверхні огородження за формулою*

$$R_{в} = \frac{1}{\propto_{в}} = \frac{1}{8{,}7} = 0{,}115\ м^2 \cdot К/Вт$$

де $\propto_{в}$ – коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні огородження. За таблицею 4.1 або дод. Б, [18] $\propto_{в}$= 8,7 $Вт/(м^2 \cdot К)$.

- *зовнішній поверхні огородження за формулою*

$$R_{зн} = \frac{1}{\propto_{зн}} = \frac{1}{23} = 0{,}043\ м^2 \cdot К/Вт$$

$\propto_{зн}$ – коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні огородження. За таблицею 4.1 або дод. Б, [18] $\propto_{зн}$= 23 $Вт/(м^2 \cdot К)$.

Поряд з огородженням виконаним у лінійному масштабі будуємо огородження у масштабі термічного опору (див. рисунок 4.4).

На крайніх лініях отриманої схеми відкладаємо температури внутрішнього та зовнішнього повітря. З'єднуємо ці температури прямою лінією. Точки перетину цієї лінії з вертикальними лініями є значеннями температури на межі шарів огородження та її поверхнях. Переносимо отримані температури на схему виконану у лінійному масштабі. З'єднуємо отримані точки та отримуємо графік розподілу температури по перетину огородження.

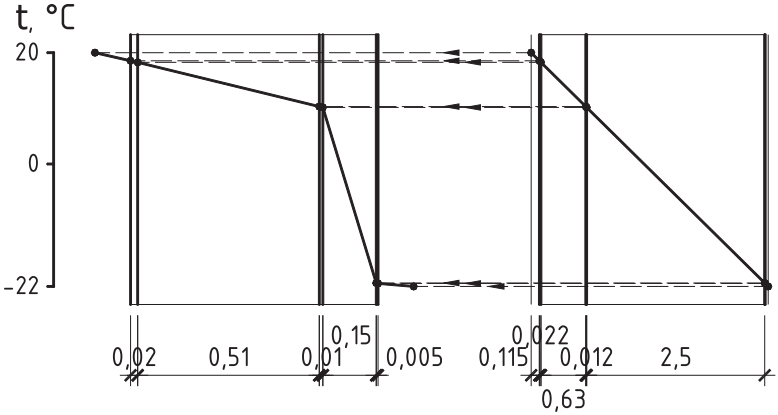


Рис.4.5 Побудова графіку розподілу температури по перетину огородження

Задача 4.5 *Використовуючи дані задачі 4.4, обчислити температури на поверхнях огородження і в місцях сполучення шарів із різних матеріалів.*

Визначаємо ці температури за формулами

- *на внутрішній поверхні огородження*

$$\tau_в = t_в - \frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в}\right) = 20 - \frac{20-(-22)}{3{,}316}\left(\frac{1}{8{,}7}\right) = 18{,}5\ ℃$$

- *між вапняно-піщаним розчином та цеглою*

$$\tau_1 = t_в - \frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 20 - \frac{20-(-22)}{3{,}316}\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}93}\right) = 18{,}3\ ℃$$

- *між цеглою та цементно-піщаним розчином*

$$\tau_2 = t_в - \frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}\right) =$$
$$20 - \frac{20 - (-22)}{3{,}316}\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}93} + \frac{0{,}51}{0{,}81}\right) = 10{,}3\ ℃$$

- *між цементно-піщаним розчином та мінеральною ватою*

$$\tau_3 = t_в - \frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}\right) =$$
$$20 - \frac{20 - (-22)}{3{,}316}\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}93} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}01}{0{,}81}\right) = 10{,}1\ ℃$$

- *між мінеральною ватою та цементно-піщаним розчином*

$$\tau_3 = t_в - \frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4}\right) =$$
$$= 20 - \frac{20 - (-22)}{3{,}316}\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}93} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}01}{0{,}81} + \frac{0{,}15}{0{,}06}\right) = -21{,}5\ ℃$$

- *на зовнішній поверхні огородження*

$$\tau_{зн} = t_в - \frac{t_в - t_{зн}}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5}\right) =$$
$$= 20 - \frac{20 - (-22)}{3{,}316}\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}93} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}01}{0{,}81} + \frac{0{,}15}{0{,}06} + \frac{0{,}005}{0{,}81}\right) = -21{,}6\ ℃$$

Питання для самоперевірки

1. Теплопередача теплоти теплопровідністю.
2. Теплопередача теплоти конвекцією.
3. Теплопередача теплоти випромінюванням.
4. Опір теплопередачі огороджувальної конструкції.
5. Алгоритм розрахунку температури по перетину огороджувальної конструкцій.

5 ТЕПЛОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

При впливі різних за величиною температур на поверхні огородження необхідний і фактичний їх опір теплопередачі визначається за теплотехнічним розрахунком.

Відповідно до діючих директив теплотехнічні розрахунки виконуються для будівель цивільного та промислового призначення відповідно до вимог [6].

Кінцевою метою теплотехнічного розрахунку є визначення товщини утеплювача для прийнятого конструктивного рішення огородження та конкретних умов експлуатації.

5.1 Загальні положення вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель

Теплоізоляційні матеріали, як правило, застосовують для теплоізоляції зовнішніх огороджувальних конструкцій. У багатошарових огороджувальних конструкціях теплоізоляційні матеріали застосовують як теплоізоляційний шар. Теплоізоляційний шар у залежності від типу та густини теплоізоляційних виробів, що використовують, може виконуватись:

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

У загальному випадку теплоізоляційні матеріали повинні відповідати вимогам нормативних документів на відповідний тип продукції: вироби з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому – ДСТУ Б В.2.7-167, ДСТУ Б В.2.7-169; вироби з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна – ДСТУ Б В.2.7-56; вироби зі спіненого пінополістиролу – ДСТУ Б EN 13163; вироби з екструдованого пінополістиролу – ДСТУ Б EN 13164; вироби перлітобентонітові – ДСТУ Б В.2.7-15; вироби з ніздрюватих бетонів – ДСТУ Б В.2.7-45, ДСТУ Б В.2.7-164; пінополіуретани – ДСТУ Б В.2.7-150, ДСТУ Б В.2.6-187; вермикуліт спучений – ДСТУ Б В.2.7-280; пісок і щебінь перлітовий спучені – ДСТУ Б В.2.7-157; теплоізоляційні розчини та вироби з піноскла – вимогам чинної нормативно-технічної документації.

Вибір теплоізоляційного матеріалу здійснюють для наступних типів непрозорих конструкцій будівлі:

- заглиблених конструкцій будівлі, цокольних конструкцій;
- підлог по ґрунту;
- зовнішніх стін;
- перекриттів (цокольних, міжповерхових, горищних);
- покриття.

Визначальними при виборі теплоізоляційного матеріалу є наступні фізико-технічні показники якості згідно з ДСТУ Б В.2.7-195:

- гранична температура застосування;
- вологість;
- водопоглинання;
- морозостійкість;
- паропроникність;
- група горючості;
- міцність на стиск/границя міцності при стиску;
- стисливість;
- границя міцності при зсуві;
- границя міцності при розтягу у напрямку, перпендикулярному до поверхні;
- густина;
- правильність геометричної форми.

Додатково до перелічених вище показників необхідно керуватися наступними показниками якості:

- розрахункова теплопровідність;
- термін ефективної експлуатації.

Узагальнені технічні вимоги до фізико-технічних показників якості теплоізоляційних матеріалів у залежності від типу конструкції, де вони використовуються, наведені в таблиці 5.1.

Строк ефективної експлуатації теплоізоляційних виробів, що використовують для теплоізоляції заглиблених конструкцій будівлі, цокольних конструкцій, а також конструкцій фасадної теплоізоляції з опорядженням цеглою, повинен становити не менше ніж 50 років. Для інших конструкцій необхідно використовувати теплоізоляційні вироби зі строком ефективної експлуатації не менше ніж розрахунковий строк служби збірної конструктивної системи, але у всіх випадках не менше ніж 25 років.

Вибір теплоізоляційних матеріалів за показником горючості необхідно здійснювати за вимогами ДБН В.1.1-7, для конструкцій фасадної теплоізоляції – додатково за вимогами ДБН В.2.6-33, а для конструкцій покриттів – додатково за вимогами ДБН В.2.6-14.

Теплоізоляційний шар необхідно розташовувати із зовнішньої сторони несучої частини огороджувальної конструкції.

Товщину теплоізоляційного шару визначають за результатами розрахунку опору теплопередачі згідно пунктом 5.5 цього посібника.

Таблиця 5.1

Технічні вимоги до теплоізоляційних матеріалів (табл. 1, [18])

№	Найменування показника	Тип конструкції										
		Заглиблені конструкції будинку, цокольні конструкції	Зовнішні стіни з фасадною ізоляцією згідно ДБН В.2.6-33				Підлоги по грунту та перекриття		Покриття			Тришарові конструкції[2)]
			класу А	класу Б	класу В	класу Г	по лагах	по монолітній стяжці	горищні	суміщені		
										одношарові[1)]	двошарові[1)]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Гранична температура застосування °С, не менше	-	60	-	-	-	-	-	-	70	70	-
2	Вологість, %, не більше	0,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
3	Водопоглинання при частковому зануренні, % за об'ємом, не більше	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Морозостійкість, циклів, не менше	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Паропроникність, мг/(м·год·Па), не менше	-	0,05	0,1	0,3	-	-	-	-	-	-	-
6	Група горючості	-	Згідно з вимогами 5.3 ДБН В.2.6-33				НГ	-	Згідно з вимогами ДБН В.2.6-14			-
7	Міцність на стиск/ границя міцності при стиску, МПа, не менше	0,2	0,03	0,01	0,01	-	-	0,025	-	0,04	0,05[3)]	0,06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	Стисливість під навантаженням 2000 Па, %, не більше	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-
9	Границя міцності при зсуві, МПа, не менше	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05
10	Границя міцності при розтягу у напрямку перпен-дикулярному до поверхні, МПа	-	0,012	-	-	-	-	0,005	-	0,005	0,005	0,1
11	Густина, кг/м3, не менше	-	-	18	18	18	-	-	-	-	-	-
12	Строк ефективної експлуатації, умовних років, не менше	50	25	50	25	25	25	25	25	25	25	25

[1)] За кількістю шарів теплоізоляції різної густини.
[2)] Конструкції заводського виготовлення з внутрішнім теплоізоляційним шаром.
[3)] Для плит верхнього шару.
"-" означає, що показник не є визначальним для даного типу конструкції.

Характеристики теплопровідності теплоізоляційних матеріалів конкретного виробника в розрахункових умовах експлуатації необхідно приймати за результатами випробувань згідно з ДСТУ Б В.2.7-182. Результати проведених випробувань повинні підтверджуватися кожних п'ять років.

За відсутності даних теплопровідності теплоізоляційного матеріалу конкретного виробника в розрахункових умовах експлуатації допускається приймати значення розрахункової теплопровідності згідно з додатком А.

Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів при проектуванні необхідно приймати згідно з додатком А або таблицею А1 [18].

Емісія шкідливих хімічних речовин в атмосферне повітря від теплоізоляційних матеріалів, які використовують у конструкціях теплоізоляційної оболонки житлових та громадських будівель, не повинна перевищувати граничнодопустимих концентрацій (ГДК) і повинна

відповідати вимогам ДСП 201.

Теплоізоляційні матеріали, що використовують у конструкціях теплоізоляційної оболонки будинків, повинні відповідати вимогам ДГН 6.6.1.-6.5.001, ДБН В.1.4-0.01, ДБН В.1.4-0.02, ДБН В.1.4-1.01, ДБН В.1.4-2.01 та супроводжуватися висновками державної санітарно-епідеміологічної експертизи МОЗ України.

5.2 Тепловий опір замкнених та вентильованих повітряних прошарків

Огороджувальні конструкції можуть мати вентильовані і невентильовані прошарки.

Вентильовані прошарки доцільні як своєрідний екран із зовнішньої сторони огородження для захисту його від перегріву при впливі сонячної радіації в теплий час року. За принципом організації руху повітря у прошарку вони поділяються на слабо вентильовані та вентильовані. Саме повітряний прошарок, який забезпечує відповідні експлуатаційні властивості конструкції в цілому, і є основним конструктивним елементом цього конструктивного принципу.

Конструкції фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком, що пропонує компанія ROCKWOOL наведені на рисунках 5.1 та 5.2.

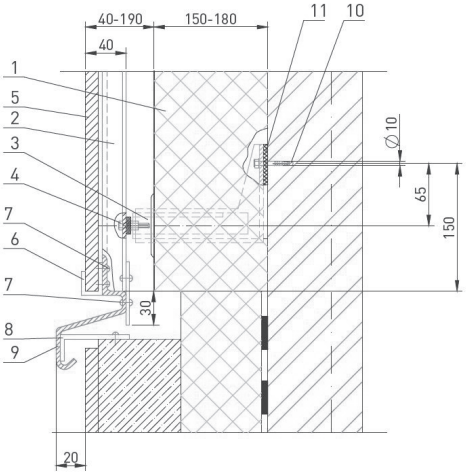


Рис. 5.1 Конструкція фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком, що примикає до цоколю: 1 – шар теплоізоляції; 2 – спрямовуюча; 3 - кронштейн; 4 – болт з гайкою М 8х16; 5 – плитка облицювальна; 6 – клямер; 7 – заклепка; 8 – костиль; 9 – відлив цоколю; 10 – анкерний дюбель; 11 - прокладка

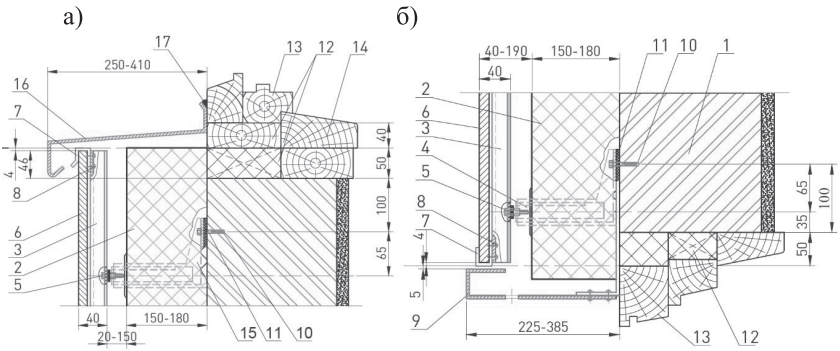


Рис. 5.2 Конструкція фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком, що примикає до: а) ницу вікна; в) верху вікна. 1 - стіна; 2 - шар теплоізоляції; 3 – спрямовуюча; 4 - кронштейн; 5 – болт з гайкою М 8х16; 6 – плитка облицювальна; 7 – клямер; 8 – заклепка; 9 – сталевий елемент рами; 10 – анкерний дюбель; 11 – прокладка; 12, 13 – віконний блок; 14 – підвіконна дошка; 15 – кронштейн; 16 – відлив; 17 – герметик

Вентильований повітряний прошарок є конструктивним елементом системи, він розташовується між теплоізоляційним шаром та облицювальним шаром для запобігання вологонакопиченню в товщі конструкцій. Видалення вологи із товщі конструкцій відбувається за рахунок організації руху повітря в прошарку. Встановлено, що вентильованим повітряним прошарком є такий повітряний прошарок, де площа вентиляційних отворів в облицювальному шарі не менша ніж 1500 мм^2 на один квадратний метр площі стіни. Слабо вентильованим повітряним прошарком є повітряні прошарки, де площа вентиляційних отворів в облицювальному шарі складає від 500 мм^2 до 1500 мм^2, а невентильованим – менше ніж 500 мм^2 на один квадратний метр стіни.

Вентильовані повітряні прошарки у стінах мають бути завтовшки не менше ніж 40 мм і не більше ніж 150 мм. Оптимальна товщина вентильованого повітряного прошарку у стінах становить від 60 мм до 100 мм. Поверхню теплоізоляції, що повернена у бік вентильованого прошарку, потрібно захищати повітрогідрозахисним шаром. До системи з повітряним вентильованим прошарком ставляться вимоги пожежної безпеки з негорючості. Це обумовлює застосування в її конструкції тільки матеріалів на основі плит із мінеральної вати або скляного штапельного волокна. Існують вимоги до фізичних характеристик цих виробів, що стосуються густини, повітропроникності, аеродинамічної стійкості тощо.

В суміщених покриттях вентиляційний прошарок влаштовується під покрівельним килимом та з'єднується з зовнішнім повітрям через відкриті

канали по периметру покриття з робочим перерізом площею, що дорівнює 1/500 площі поверхні покриття. Зв'язок між внутрішнім повітрям та прошарком недопустимий.

За типом індустріальних облицювальних тонкостінних елементів конструкції підрозділяються на облицювання з плитних металевих елементів або на основі цементно-волокнистих матеріалів та елементів керамічних, або бетонних дрібноштучних. Основне призначення облицювальних елементів – захист теплоізоляційного шару від кліматичних впливів у вигляді дощу та снігу та надання відповідного архітектурного вигляду будинкам. Довговічність цих елементів значно вища, ніж теплоізоляційного шару, тому спеціального аналізу їх властивостей не проводиться.

Тепловий опір вентильованого повітряного прошарку згідно з [51] визначають за формулою:

$$R_{\text{в.п}} = \frac{1}{1{,}72\delta^{-0{,}2} + \frac{1}{\alpha_{\text{р}}}}, \tag{5.1}$$

де δ – товщина повітряного прошарку, м;

$\alpha_{\text{р}}$ – коефіцієнт пропорційності радіаційного теплообміну між поверхнями прошарку, приймається $\alpha_{\text{р}} = 4{,}9$ Вт/(м$^2 \cdot$ К).

Невентильовані (замкнуті) повітряні прошарки підвищують опір теплопередачі внаслідок малості теплопровідності повітря ($\lambda_{\text{пов}} \approx 0{,}023$ Вт/(м $\cdot$ К)). Якщо розглядати передачу теплоти тільки теплопровідністю, то очікуваний опір теплопередачі прошарку товщиною 0,1 м $R_{\text{пов.п}} = 0{,}1/0{,}023 = 4{,}35$ м$^2 \cdot$ К/ Вт. Проте очікуваного підвищення опору теплопередачі за рахунок повітряного прошарку не спостерігається. Це пояснюється тим, що передача теплоти в повітряному прошарку відбувається не тільки теплопровідністю, але і конвекцією і випромінюванням при наявності різниці температур на поверхнях стінок, що обмежують прошарок. Причому зі збільшенням товщини прошарку збільшується конвекційна складова передачі теплоти. Тому перевагу варто віддавати декільком тонким повітряним прошаркам, а не одному товстому або виконувати засипання прошарку пористим сипучим матеріалом.

Тепловий опір замкнутого повітряного прошарку, залежно від його розміщення визначають за таблицею 5.2.

Тепловий опір замкнутого повітряного прошарку, при встановленні відбивної ізоляції, визначають за таблицею 5.3.

Таблиця 5.2

Тепловий опір замкнутого повітряного прошарку, (м^2·К)/Вт, залежно від розміщення прошарку (табл. В.1, [18])

Товщина повітряного прошарку, м	Розміщення прошарку			
	горизонтальне при потоці тепла знизу вгору та вертикальне		горизонтальне при потоці тепла згори донизу	
	середня температура повітря у прошарку			
	≥0°С	<0°С	≥0°С	<0°С
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2-0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

5.3 Нормування теплозахисних якостей зовнішніх огороджувальних конструкцій

Для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 4 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q.min}\,, \tag{5.2}$$

$$\Delta t_{\text{пр}} \leq \Delta t_{\text{сг}}\,, \tag{5.3}$$

$$\tau_{\text{в}.min} > t_{min}\,, \tag{5.4}$$

де $R_{\Sigma \text{пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції чи непрозорої частини огороджувальної конструкції (для термічно однорідних огороджувальних конструкцій визначається опір теплопередачі R_{Σ}), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції, м^2·К/Вт;

$R_{q.min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції чи непрозорої частини огороджувальної конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції, м^2·К/Вт;

Таблиця 5.3

Тепловий опір замкнутого повітряного прошарку, (м^2·К)/Вт, при встановленні відбивної ізоляції (табл. В.2, [18])

Тип відбивної ізоляції	Товщина спіненого шару, мм	Кількість прошарків (товщиною від 10 мм до 20 мм)	Середня температура повітря в прошарку, °С	**R**, (м2·К)/Вт
1	2	3	4	5
ТИП А (одностороння при встановленні ізоляції відбивним шаром у бік приміщення)	3	1	≥0	0,34
	3	1	<0	0,30
	4	1	≥0	0,41
	4	1	<0	0,36
	5	1	≥0	0,48
	5	1	<0	0,40
	8	1	≥0	0,70
	8	1	<0	0,65
	10	1	≥0	0,84
	10	1	<0	0,79
ТИП Б (двостороння)	3	2	≥0	0,85
	3	2	<0	0,82
	4	2	≥0	1,22
	4	2	<0	1,09
	5	2	≥0	1,39
	5	2	<0	1,25
	8	2	≥0	1,49
	8	2	<0	1,37
	15	2	≥0	1,67
	15	2	<0	1,60

$\Delta t_{\text{пр}}$ – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С;

$\Delta t_{\text{сг}}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С;

$\tau_{\text{в}.min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огороджувальній конструкції, °С;

t_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, ^{0}С.

Основним документом, що нормує теплозахист житлових і громадських будівель є ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель.

5.3.1 Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції

5.3.1.1 Зовнішні огороджувальні конструкції житлових і громадських будинків

Мінімально допустиме значення $R_{q.min}$ опору теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій, світлопрозорих огороджувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будинків встановлюється згідно з таблицею 5.4 залежно від температурної зони експлуатації будинку.

Таблиця 5.4

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції житлових та громадських будинків, $R_{q.min}$, (табл. 3, [6])

№ поз.	Вид огороджувальної конструкції	Значення $R_{q\,min}$, $м^2 \cdot К/Вт$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6	5,5
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищне перекриття неопалювальних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огороджувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

Територію України розбито на 2 температурні зони (рис. 5.3) за кількістю градусо-діб опалювального періоду (НГД). До 2-ї зони (НГД < 3500 гд.) віднесено Ужгород, Одеса, Миколаїв, Херсон, Запоріжжя і Крим; до 1-ї зони (НГД ≥ 3501) – територію областей України, що не наведені вище.

Рис. 5.3 Температурні зони території України

5.3.1.2 Зовнішні огороджувальні конструкції промислових (сільськогосподарських) будівель.

Мінімально допустиме значення $R_{q\,min}$ опору теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій, світлопрозорих огороджувальних конструкцій, дверей та воріт промислових (сільськогосподарських) будівель встановлюється згідно з таблицею 5.5 залежно від температурної зони експлуатації будинку, що приймається згідно з рисунком 5.3, тепловологісного режиму внутрішнього середовища, що визначають згідно з таблицею 5.6 та теплової інерції огороджувальних конструкцій D, що визначають згідно з [51].

Розрахункову температуру та відносну вологість внутрішнього повітря приймають за нормами проектування.

Величина теплової інерції згідно з [51] розраховується за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot S_{ip}\,, \tag{5.5}$$

де R_i – термічний опір i-го шару конструкції, що розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}\,, \tag{5.6}$$

де δ_i – товщина i-го шару конструкції, м,

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К), що приймають згідно додатку А;

S_{ip} – коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу i-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м^2 · К), що приймають згідно з додатком А;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Таблиця 5.5

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції промислових (сільськогосподарських) будівель $R_{q.min}$, (табл. 4, [6])

№ поз.	Вид огороджувальної конструкції	Значення $R_{q\ min}$, м^2·К/Вт, для температурної зони	
		I	II
1	2	3	4
1	- з вологим і мокрим режимом з конструкціями з: D > 1,5	1,7	1,6
	D ≤ 1,5	1,9	1,8
2	- з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м^3)	0,55	0,45
3	Перекриття над проїздами й неопалюваними підвалами з конструкціями з: D > 1,5	1,9	1,8
4	D ≤ 1,5	2,4	2,2
5	Двері й ворота будівель: - з сухим і нормальним режимом	0,6	0,55
6	- з вологим і мокрим режимом	0,75	0,7
7	- з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м^3)	0,2	0,2
8	Вікна й зенітні ліхтарі будівель: - з сухим і нормальним режимом	0,45	0,42
9	- з вологим і мокрим режимом	0,5	0,45
10	- з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м^3)	0,18	0,18

Таблиця 5.6

Градація вологісного режиму приміщень [6, табл. В.1]

Вологісний режим	Вологість внутрішнього повітря, $\varphi_в$, %, при		
	tв ≤ 12 ˚С	12 < tв ≤ 24 ˚С	tв > 24 ˚С
Сухий	$\varphi_в < 60$	$\varphi_в < 50$	$\varphi_в < 40$
Нормальний	$60 \le \varphi_в \le 75$	$50 \le \varphi_в \le 60$	$40 \le \varphi_в \le 50$
Вологий	$75 < \varphi_в$	$60 < \varphi_в \le 75$	$50 < \varphi_в \le 60$
Мокрий	-	$75 < \varphi_в$	$60 < \varphi_в$

5.3.1.3 Світлопрозорі огороджувальні конструкції.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі $R_{q\,min}$ приймають відповідно до таблиці 5.5.

5.3.1.4 Внутрішні огороджувальні конструкції

Мінімально допустиме значення, $R_{q.min}$, опору теплопередачі внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розмежовують приміщення з розрахунковими температурами повітря, які відрізняються більше ніж на 4 °С (теплі горища, стіни, перекриття, вікна тощо), і приміщень з поквартирним регулюванням теплоспоживання визначають згідно з додатком А [6] за формулою:

$$R_{q\,min} = \frac{t_{в1} - t_{в2}}{\Delta t_{сг} \cdot \alpha_{в1}}, \qquad (5.7)$$

де $t_{в1}$ – розрахункові температури повітря в приміщеннях з по квартирним регулюванням теплоспоживання, °С, що приймаються згідно з табл. 5.7;

$t_{в2}$ – температура повітря в приміщеннях, що межують з приміщенням з поквартирним регулюванням теплоспоживання, °С, що приймається за проектними даними або визначається за формулою

$$t_{в2} = \frac{t_{в1}\left(K_1F_1 + K_2F_2 + ... + k_{11}L_{11} + k_{22}L_{22} + ...\right) + t_з\left(K_aF_a + K_вF_в + ... + k_{aa}L_{aa} + k_{вв}L_{вв} + ..\right) + \left(K_TF_T\right)t_T}{\left(K_1F_1 + K_2F_2 + ... + k_{11}L_{11} + k_{22}L_{22} + ...\right) + \left(K_aF_a + K_вF_в + ... + k_{aa}L_{aa} + k_{вв}L_{вв} + ..\right) + \left(K_TF_T\right)} \qquad (5.8)$$

де K_1, K_2,… – коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій, Вт/(м^2 · К), із площею F_1, F_2, …, які межують з об'ємом, що опалюється;

$K_а$, $K_в$, …– коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій, Вт/(м^2 · К), із площею $F_а$, $F_в$,…, які граничать із зовнішнім повітрям з температурою $t_з$;

Таблиця 5.7

Розрахункові значення температури й вологості повітря приміщень (для теплотехнічних розрахунків) [6, табл. В.2]

Призначення будинку	Розрахункова температура внутрішнього повітря, $t_в$, 0С	Розрахункове значення відносної вологості , $\varphi_в$, %
1	2	3
Житлові будівлі та готелі	20	55
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси, заклади торгівлі	20	50
Навчальні заклади та заклади охорони здоров'я	21	50
Дитячі дошкільні заклади	22	50
Примітка. При проектуванні допускається розрахункові параметри й вологості повітря приймати з урахуванням положень відповідних будівельних норм за типами будівель і споруд.		

Коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій визначається за формулою

$$K_i = \frac{1}{R_{\Sigma i}}, \tag{5.9}$$

де $R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі і-ої термічно однорідної частини конструкції, (м^2 · К/Вт), визначають згідно з формулою:

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_з}, \tag{5.10}$$

де $\propto_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), які приймають згідно табл. 5.8 або з додатком Б [18].

Таблиця 5.8

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\propto_в$ та зовнішньої $\alpha_з$ поверхонь огороджувальних конструкцій [18, дод. Б]

Ч.ч	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2 · К)	
		$\boldsymbol{\alpha_в}$	$\boldsymbol{\alpha_з}$
1	Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами ИСС «З о д ч и й»	8,7	23
2	Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
3	Горищні покриття, перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентильованим повітряним прошарком, що вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	12
4	Горищні перекриття та перекриття над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	6
5	Вікна, двері балконні та вхідні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
6	Зенітні ліхтарі	9,9	23

R_i – тепловий опір i-го шару конструкції, (м^2 · К/Вт), визначають за формулою (5.6);

δ_i – товщина i-го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м · К), приймають згідно з табл. А.1 [18];

n – кількість однорідних шарів у конструкції.

Розрахункові умови експлуатації приймають за табл. 5.9.

Таблиця 5.9

Вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальних конструкціях [6, табл. В.3]

Вологісний режим приміщень	Умови експлуатації
Сухий	А
Нормальний	Б
Вологий	Б
Мокрий	Б
Примітка. Матеріали внутрішніх конструкцій будівель із нормальним ежимом експлуатації розраховуються для умов експлуатації А.	

Вологісний режим приміщень визначають за табл. 5.6.

k_{11}, k_{22}, …– лінійний коефіцієнт теплопередачі вузлів, Вт/(м · К), довжиною L_{11}, L_{22}, …, які межують з об'ємом, що опалюється з температурою повітря $t_{в}$;

$k_{аа}$, $k_{вв}$, …– лінійний коефіцієнт теплопередачі вузлів, Вт/(м · К), довжиною $L_{аа}$, $L_{вв}$, …, які межують із зовнішнім повітрям з температурою $t_{з}$;

Лінійні коефіцієнти теплопередачі вузлів визначаються за методикою наведеною у [31] або у п. 5.10.

L_{11}, L_{22},… – довжина теплопровідних включень, м, які межують з об'ємом, що опалюється з температурою повітря $t_{в}$;

$L_{аа}$, $L_{вв}$, …– довжина теплопровідних включень, м, що межують із зовнішнім повітрям з температурою $t_{з}$;

$K_{т}$ – коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м^2 · К), із площею поверхні $F_{т}$;

$t_{т}$ – температура теплоносія, °С.

$\Delta t_{сг}$ – те саме, що в формулі (5.3);

$\propto_{в1}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкцій (з боку приміщення з більш високою температурою), Вт/(м^2 · К), що приймається згідно з таблицею 5.8 або додатком Б [18].

Допустиме значення опору теплопередачі внутрішніх конструкцій $R_{q\,min}$, що розраховане за формулою (5.7), приймають не менше 0,5 м^2 · К/Вт.

5.3.1.5 Підлоги по ґрунту або опалюваного підвалу

Мінімально допустиме значення приведеного опору теплопередачі підлог по ґрунту будівлі або опалюваного підвалу визначається згідно з розрахунками тепловтрат по ґрунту за вимогами [52], але у всіх випадках

повинно забезпечуватися виконання вимог за формулами (5.3) та (5.4), а для поверхні підлоги виконання вимоги за формулою 11.1.

5.3.1.6 Зовнішні заглиблені стінові конструкції, що контактують з ґрунтом, у будівлях без підвалу.

Зовнішні заглиблені стінові конструкції, що контактують з ґрунтом, у будівлях без підвалу необхідно утеплювати теплоізоляційними матеріалами на глибину 0,5 м нижче поверхні ґрунту, у будівлях з підвалом – на глибину 1,0 м нижче поверхні ґрунту. Товщину теплоізоляційного матеріалу визначають за умови забезпечення вимоги (5.4) для огороджувальних конструкцій опалюваних приміщень, але не менше ніж 50 мм.

5.3.2 Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, $\Delta t_{\text{сг}}$, °С, встановлюється залежно від призначення будинку і виду огороджувальної конструкції згідно з табл. 5.10.

5.3.3 Мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій

Мінімально допустима температура внутрішньої поверхні непрозорих огороджувальних конструкцій у зонах теплопровідних включень, t_{min}, у кутах і укосах віконних і дверних прорізів, а також мінімально допустима температура внутрішньої поверхні мансардних вікон та зенітних ліхтарів при розрахунковому значенні температури зовнішнього повітря, прийнятому залежно від температурної зони експлуатації будинку, повинна бути не менше ніж температура точки роси, $t_{\text{р}}$, за розрахунковими значеннями температури й відносної вологості внутрішнього повітря, які приймаються залежно від призначення будинку.

Розрахункове значення температури зовнішнього повітря визначається за табл. 5.11.

Таблиця 5.10

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, $\Delta t_{\text{сг}}$, ^{0}С, (табл. 5, [6])

Призначення будинку	Вид огороджувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні)	Покриття та перекриття горищ	Перекриття над проїздами та підвалами
Житлові будинки, дитячі дошкільні заклади, навчальні заклади та заклади охорони здоров'я	4,0	3,0	2,0
Нежитлові будівлі, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5
Виробничі будівлі з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будівлі з вологим та мокрим режимом експлуатації	$t_{\text{в}} - t_{\text{р}}$	$0{,}8(t_{\text{в}} - t_{\text{р}})$	
Виробничі будівлі з надлишками тепла (більше 23 Вт/м^3)	12	12	

Таблиця 5.11

Розрахункові температури зовнішнього повітря [6, табл. В.4]

Температурна зона	I	II
Розрахункова температура зовнішнього повітря, ^{0}С	мінус 22	мінус 19

Розрахункові значення температури й відносної вологості внутрішнього повітря визначають за табл. 5.7.

Мінімально допустима температура внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій у зонах теплопровідних включень визначається на основі розрахунку температурного поля розрахункової ділянки огороджувальної конструкції з теплопровідним включенням.

5.3.3.1 Мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні світлопрозорих огороджувальних конструкцій

Мінімально допустиме значення температури на внутрішній поверхні, t_{min}, світлопрозорих огороджувальних конструкцій житлових і

громадських будинків при розрахункових значеннях температур зовнішнього та внутрішнього повітря, прийнятих згідно з таблицями 5.7 та 5.11, повинна бути для коробок, імпостів та штапиків віконних і дверних блоків, а також світлопрозорих зон, включаючи зони дистанційних рамок, не менше ніж 6 ℃, для виробничих будинків – не менше ніж 0 ℃, а для непрозорих зон та елементів, включаючи стулки, стояки та ригелі світлопрозорих фасадів, непрозоре заповнення балконних дверей тощо – не менше ніж температура точки роси $t_{\text{р}}$ за розрахунковими значеннями температури й відносної вологості внутрішнього повітря, прийнятого залежно від призначення будинку відповідно до таблиці 5.7.

5.4 Методика визначення приведеного опору теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкцій

Приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{F_\Sigma}{\sum_{i=1}^{I} \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^{J} k_j \cdot L_j + \sum_{k=1}^{K} \Psi_k \cdot N_k}, \qquad (5.11)$$

де F_Σ – загальна площа конструкції, м^2;

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі і-ої термічно однорідної частини конструкції, (м^2 · К/Вт), визначають згідно з формулою (5.10);

F_i – площа і-ої термічно однорідної частини конструкції, м^2;

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі j-го лінійного теплопровідного включення, м;

L_j – лінійний розмір (проекція) j-го лінійного теплопровідного включення, м;

Ψ_k – точковий коефіцієнт теплопередачі $k-$го точкового теплопровідного включення, Вт/К;

N_k – загальна кількість k-их точкових теплопровідних включень, шт.

Визначення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі необхідно здійснювати на підставі розрахунків двомірних та тримірних температурних полів відповідно. Методика розрахунків встановлена згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2 та наведена у п. 5.13.

Лінійні коефіцієнти теплопередачі поширених лінійних теплопровідних включень наведені в табл. Г.1 [18], точкові коефіцієнти теплопередачі – в табл. Д.1 [18].

При визначенні необхідної товщини теплоізоляційного шару враховують лише термічний вплив теплопровідних включень, що є характерними особливостями відповідного типу непрозорої конструкції.

Термічний вплив теплопровідних включень, що визначаються конструктивними особливостями всієї будівлі, при визначенні необхідної товщини теплоізоляційного шару не враховують. Даний термічний вплив враховують при визначенні енергопотреб для опалення та охолодження згідно з ДСТУ Б ENISO 13790 та загальних тепловитрат будинку через огороджувальну конструкцію згідно з ДСТУ-Н Б А.2.2-5.

Примітка 1. Теплопровідними включеннями, що відносяться до відповідного типу непрозорої огороджувальної конструкції, є: з'єднувальні елементи, дюбелі, кронштейни, закладні деталі, арматурні сітки, віконні відкоси, стики між елементами непрозорої огороджувальної конструкції, елементи жорсткості тощо.

Примітка 2. До теплопровідних включень, що визначаються конструктивними особливостями будівлі, відносяться міжповерхові та балконні перекриття, колони, пілони, кутові примикання тощо.

5.5 Методика визначення приведеного опору теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції

Приведений опір теплопередачі світлопрозорих огороджувальних конструкцій розраховується за формулою:

$$R_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{сп}} + \sum_{i=1}^{n} F_i}{\frac{F_{\text{сп}}}{R_{\Sigma\text{сп}}} + \sum_{i=1}^{n} \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^{m} k_j \cdot L_j}, \qquad (5.12)$$

де $R_{\Sigma\text{сп}}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорої ділянки, що приймається залежно від характеристик скління (склопакетів) – відстані між шарами скла, виду газонаповнення та ступеня чорноти поверхні скла згідно з додатком Б,

$F_{\text{сп}}$ – площа світлопрозорої частини, м^2;

$R_{\Sigma i}$, F_i – опір теплопередачі та площа і-го непрозорого елементу;

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м · К), j-го теплопровідного включення, що визначаються на підставі розрахунків двомірних (тримірних) температурних полів або приймаються згідно з табл. 5.12 або табл. К.1 [53];

$L_{j,}$ – лінійний розмір, м, j-го конструктивного непрозорого елементу (імпосту, стулок, рами, ригелів, стійок тощо) світлопрозорої конструкції;

m – кількість непрозорих елементів конструкції, для яких необхідно визначити k_j.

Таблиця 5.12

Значення коефіцієнту k_j (табл. К.1, [34])

Ширина дистанційних рамок	Значення лінійного коефіцієнта теплопередачі k_j при різній ступені заглиблення дистанційної рамки відносно штапика **С**								
	Дистанційні рамки з алюмінієвих сплавів			Дистанційні рамки з нержавіючої сталі			Дистанційні рамки з ПВХ, Termis, TPS і т.п.		
	С=0	С=5	С=10	С=0	С=5	С=10	С=0	С=5	С=10
Однокамерні склопакети									
6	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01
10	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02
14	0.05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03
18	0.06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
22	0.07	0,06	0,05	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04
Двокамерні склопакети									
6	0,05	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02
10	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
14	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
18	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,04	0,04	0,03
22	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04

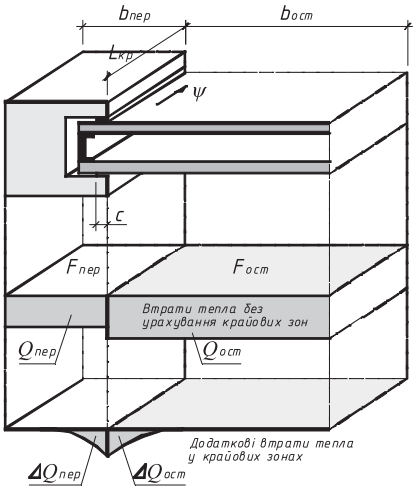


Рис. 5.4 Схема розподілення теплових потоків скрізь засклення та непрозору частину віконних блоків з урахуванням крайових зон

5.6 Методика визначення приведеного опору теплопередачі огороджувальних конструкцій, що контактують з ґрунтом (за окремими зонами)

Приведений опір теплопередачі огороджувальних конструкцій, що контактують із ґрунтом $R_{\Sigma \text{пр ц}}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт})$, визначають за зонами шириною 2 м, паралельними зовнішнім стінам за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр ц}} = R_{\Sigma \text{ц}} + \frac{\delta}{\lambda}, \tag{5.13}$$

де $R_{\Sigma \text{ц}}$ – опір теплопередачі, $(\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт})$, що приймають 2,1 для першої зони; 4,3 – для другої зони; 8,6 – для третьої зони; 14,2 – для площі, що залишилась. Зони шириною 2 м починають намічати від лінії контакту стіни підвалу з ґрунтом вниз по стіні з переходом на підлогу підвалу. Зони визначають послідовно від усього периметра контакту стін з ґрунтом в напрямку середини будівлі;

δ – товщина тепло ізолюючого шару, м, при теплопровідності утеплювача $\lambda < 1{,}2$ $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

5.7 Методика визначення коефіцієнта теплопередачі підлоги по ґрунту

5.7.1 Підлога по ґрунту (при відсутності підвалу)

Розрахункова схема для визначення опору теплопередачі зображена на рисунку 5.5.

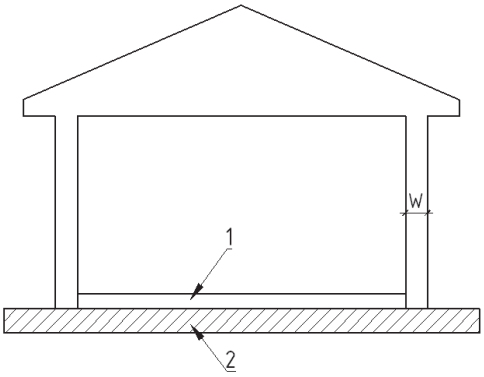


Рис. 5.5 Будинок з підлогою по ґрунту: 1 – шар підлоги; 2 – ґрунт; w – товщина зовнішніх стін

Коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U визначають за формулами:

– якщо $d_t < B'$ (неізольована або посередньо ізольована підлога):

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right), \quad (5.14)$$

– якщо $d_t > B'$ (добре ізольована підлога):

$$U = \frac{\lambda}{0{,}457B' + d_t}, \quad (5.15)$$

де B' – характерний розмір підлоги, що дорівнює відношенню площі підлоги на половину периметра підлоги за формулою:

$$B' = \frac{A}{0{,}5P}, \quad (5.16)$$

d_t – еквівалентна товщина підлоги, яку розраховують за формулою:

$$d_t = w + \lambda\left(R_{si} + R_f + R_{se}\right), \quad (5.17)$$

де A – площа підлоги, м^2;
P – зовнішній периметр підлоги, м;
w – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;
λ – теплопровідність ґрунту, приймають згідно табл. 5.13;

Таблиця 5.13

Теплопровідність ґрунту

Категорія	Опис	λ, Вт/(м · К)	Теплоємність на одиницю об'єму, ρc, Дж/(м^3·K)
1	Глина або мул	1,5	3,0 x 10^6
2	Пісок або гравій	2,0	2,0 x 10^6
3	Скельний або напівскельний	3,5	2,0 x 10^6
Примітка. У випадку коли тип ґрунту невідомий або невизначений обирають категорію 2.			

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, приймають згідно табл. 5.14, м$^2 \cdot K$/Вт;

Таблиця 5.14

Тепловий поверхневий опір

Тип огороджувальної конструкції	Тепловий поверхневий опір
Внутрішній, для вертикальних огороджувальних конструкцій	$R_{si} = 0{,}115$ м$^2 \cdot K$/Вт
Внутрішній, для горизонтальних огороджувальних конструкцій (тепловий потік зверху вниз)	$R_{si} = 0{,}17$ м$^2 \cdot K$/Вт
Внутрішній, для горизонтальних огороджувальних конструкцій (тепловий потік знизу вверх)	$R_{si} = 0{,}1$ м$^2 \cdot K$/Вт
Усі зовнішні поверхні	$R_{se} = 0{,}043$ м$^2 \cdot K$/Вт

R_f – термічний опір підлоги включаючи всі шари, м$^2 \cdot K$/Вт;

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, приймають згідно табл. 5.14, м$^2 \cdot K$/Вт.

5.7.2 Підлога по ґрунту в опалювальному підвалі (цокольний поверх)

Розрахункова схема для визначення опору теплопередачі зображена на рисунку 5.6.

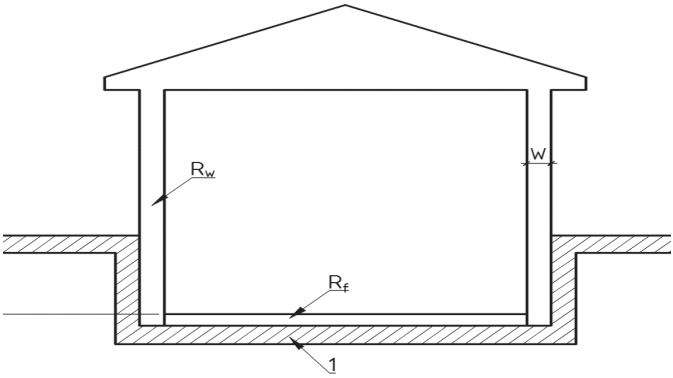


Рис. 5.6 Будинок з опалювальним підвалом (цокольним поверхом): 1 – ґрунт; R_f – тепловий опір підлоги; R_w – тепловий опір стін, що контактують з ґрунтом; w – товщина зовнішніх стін підвалу; z – висота стін, що контактують з ґрунтом

Коефіцієнт теплопередачі підлоги підвалу (цокольного поверху) по ґрунту U_{bf}, Вт/(м^2·K), визначають за формулами:

– якщо $d_t + 0{,}5z < B'$ (неізольована та посередньо ізольована підлога підвалу):

$$U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0{,}5z} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + 0{,}5z} + 1\right), \tag{5.18}$$

– якщо $d_t + 0{,}5z \geq B'$ (добре ізольована підлога підвалу):

$$U_{bf} = \frac{\lambda}{0{,}457B' + d_t + 0{,}5z}, \tag{5.19}$$

де B' – характерний розмір підлоги, розраховують за формулою (5.16);

d_t – еквівалентна товщина підлоги, розраховують за формулою (5.17);

λ – теплопровідність ґрунту, приймають згідно з таблицею 5.13, Вт/(м · К).

z – висота стін, що контактують з ґрунтом (стіни, що знаходяться нижче планувальної відмітки землі), м.

5.7.3 Підлога по ґрунту в технічному підпіллі

Приклад технічного підпілля зображено на рисунку 5.7.

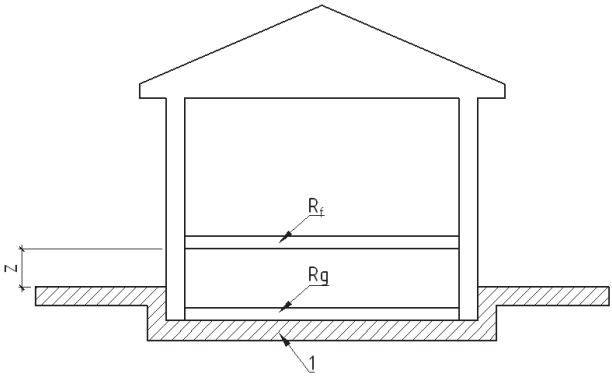


Рис. 5.7 Будинок з опалювальним підвалом (цокольним поверхом):
1 - ґрунт; R_f – термічний опір перекриття над технічним підпіллям; R_g – термічний опір підлоги по ґрунту

Коефіцієнт теплопередачі системи огороджувальних конструкцій технічного підпілля U, Вт/(м^2 · К), визначають з формули:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x}, \tag{5.20}$$

де U_f – коефіцієнт теплопередачі перекриття над технічним підпіллям, Вт/(м^2 · К) (між внутрішнім середовищем та простором технічного підпілля);

U_g – коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту, Вт/(м^2 · К), визначають за формулами

$$d_g = w + \lambda\left(R_{si} + R_f + R_{se}\right), \tag{5.21}$$

$$U_g = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_g} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_g} + 1\right), \tag{5.22}$$

де R_f– термічний опір підлоги технічного підпілля, м$^2 \cdot K$/Вт;

w, λ, R_{si}, R_{se} – те саме, що у формулі (5.17);

B' – те саме, що у формулі (5.16).

U_x – еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем, обумовлений тепловим потоком через зовнішні стіни та вентиляцію технічного підпілля, Вт/(м^2 · К), визначають за формулою

$$U_x = 2\frac{h \cdot U_w}{B'} + 1450\frac{\varepsilon \cdot V \cdot f_w}{B'}, \tag{5.23}$$

де h - висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям, м;

U_w – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту, Вт/(м · К);

ε – площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору, м^2/м ;

V – середня швидкість вітру, м/с, визначають згідно з [6], як середня швидкість вітру за переважним напрямом в січні;

f_w – ступінь вітрозахисту, що визначається згідно з табл. 5.15.

Таблиця 5.15

Ступінь вітрозахисту

Розташування	Приклад	Коефіцієнт вітрозахисту f_w
Закритий простір	Центр міста	0,02
Середньозахищений простір	Передмістя	0,05
Відкритий простір	Сільська місцевість	0,1

5.8 Методика визначення коефіцієнта теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом

Коефіцієнт теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом, U_{bw}, Вт/(м^2·K), розраховують за формулою:

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z}\left(1 + \frac{0{,}5 d_t}{d_t + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right), \quad (5.24)$$

де d_t, λ, z – те саме, що у формулах (5.17) або (5.19);

d_w – еквівалентна сумарна товщина стін, що контактують з ґрунтом, розраховують за формулою:

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}), \quad (5.25)$$

де λ, R_{si}, R_{se} – те саме, що у формулі (5.17);

R_w – термічний опір стін, що контактують з ґрунтом, включаючи всі шари, м^2 · K/Вт.

Формула (5.24) містить обидва значення d_w та d_t та є справедливою для випадку $d_w \geq d_t$. Якщо $d_w < d_t$, тоді d_t у формулі (5.24) замінюють на d_w.

5.9 Методика визначення стаціонарного узагальненого коефіцієнта теплопередачі трансмісією до ґрунту

5.9.1 Підлога по ґрунту (при відсутності підвалу або з технічним підпіллям)

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту H_g, Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_g = AU + P\psi_{g,} \tag{5.26}$$

де A – те саме, що у формулі (5.16);

U – те саме, що у формулах (5.14) або (5.15);

P – те саме, що у формулі (5.16);

$\psi_{g,}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції підлоги по ґрунту із зовнішньою стіною, Вт/(м·К); визначають за результатами розрахунків згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2 або за даними згідно з ДСТУ Б В.2.6-189.

5.9.2 Підлога по ґрунту в опалювальному підвалі (цокольний поверх)

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту H_g, Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_g = A \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw} + P \cdot \psi_{g,} \tag{5.27}$$

де A, P – те саме, що у формулі (5.16);

U_{bf}, z – те саме, що у формулах (5.18) або (5.19);

U_{bw} – те саме, що у формулі (5.24);

$\psi_{g,}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкцій, що контактують з ґрунтом, Вт/(м · К); визначають за результатами розрахунків згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2 або за даними згідно з ДСТУ Б В.2.6-189.

5.10 Методика визначення різниці між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції

Температурний перепад $\Delta t_{\text{пр}}$ для огороджувальних конструкцій з коефіцієнтом скління (відношення площі прорізів у світлі до загальної внутрішньої площі огороджувальної конструкції) не більше ніж 0,18 при виконанні умови за формулою (5.3) розраховується тільки для непрозорої частини огороджувальної конструкції за формулою

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}}\,, \tag{5.28}$$

де $t_{\text{в}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря, °С, що приймається згідно з табл. 5.7;

$\tau_{\text{в пр}}$ – приведена температура внутрішньої поверхні, °С, термічно неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції, що розраховується при розрахунковому значенні температури внутрішнього повітря, $t_{\text{в}}$, прийнятому залежно від призначення будинку за таблицею 5.7, і розрахунковому значенні температури зовнішнього повітря, $t_{\text{з}}$, прийнятому залежно від температурної зони експлуатації будинку за табл. 5.11, за формулою:

$$\tau_{\text{в пр}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \overline{\tau_{\text{в}i}} \cdot F_i}{F_\Sigma}\,. \tag{5.29}$$

де $\tau_{\text{в}i}$, F_i – відповідно середня температура внутрішньої поверхні, °С, та площа, м^2, i-го елемента огороджувальної конструкції;

F_Σ – загальна площа внутрішньої поверхні, м^2, огороджувальної конструкції,;

Для огороджувальних конструкцій з коефіцієнтом скління 0,18 і більше температурний перепад $\Delta t_{\text{пр}}$ при визначенні виконання умови за формулою (5.3) розраховується за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \frac{\tau_{\text{в}_{\text{пр}}} \cdot F_{\text{н}} + \tau_{\text{всп}_{\text{пр}}} \cdot F_{\text{сп}}}{F_\Sigma}\,. \tag{5.30}$$

де $\tau_{\text{в}_{\text{пр}}}$, $F_{\text{н}}$ – приведена температура внутрішньої поверхні, °С, та площа, м^2, непрозорої частини огороджувальної конструкції;

$F_{\text{сп}}$ – площа світлопрозорої частини, м^2;

$\tau_{\text{всп}_{\text{пр}}}$ – приведена температура внутрішньої поверхні, °С, світлопрозорої частини огороджувальної конструкції, що розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{всп}_{\text{пр}}} = \frac{\sum_{i=1}^{I} \tau_{\text{сп}i} \cdot F_{\text{сп}i} + \sum_{j=1}^{J} \tau_j \cdot F_j}{F_{\text{сп}}}\,, \tag{5.31}$$

де $\tau_{\text{сп}i}$, $F_{\text{сп}i}$ – відповідно середня температура внутрішньої поверхні, ^{0}С, та площа, м^2, i-го склопакету або скла;

τ_j, F_j – середня температура внутрішньої поверхні, °С, та площа, м^2, j-го конструктивного непрозорого елементу (імпосту, стулок, рами,

дистанційних рамок склопакету, ригелів, стійок тощо) світлопрозорої конструкції, відповідно.

Коефіцієнт скління фасадів будинку m_w визначається за формулою

$$m_w = \frac{(\sum A_{wi})}{(\sum A_{wi} + \sum A_i + \sum A_{fdi})}, \quad (5.32)$$

$\sum A_{wi}$ – загальна сума площ світлопрозорих огороджувальних конструкцій фасадів, м^2;

$\sum A_i$, $\sum A_{fdi}$ – загальна сума площ не світлопрозорих огороджувальних конструкцій фасадів (відповідно стін та дверей), м^2.

5.11 Методика визначення мінімальної температури на внутрішній поверхні огороджувальної конструкції

Згідно з п. 6.5.5 [6] Температура внутрішньої поверхні $\tau_{в.min}$ термічно неоднорідної огороджувальної конструкції у зонах теплопровідних включень, у кутах, укосах віконних та дверних прорізів, температура внутрішньої поверхні світлопрозорих огороджувальних конструкцій при перевірці виконання умови згідно з формулою (5.4) визначається на підставі розрахунків двовимірних або тривимірних температурних полів.

5.12 Методика визначення температури точки роси

За табл. Б.1 [37] використовуючи значення розрахункової температури внутрішнього повітря $t_в$, визначають парціальний тиск насиченої водяної пари $E_в$.

Парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря визначають за формулою

$$e_в = E_в \times \varphi_в \times 0{,}01, \quad (5.33)$$

де $\varphi_в$ – відносна вологість внутрішнього повітря, %, визначають за табл. 5.7.

За табл. Б.1 [37] використовуючи значення парціального тиску водяної пари внутрішнього повітря $e_в$, визначають температуру точки роси $t_р$.

5.13 Методика визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі

Розрахунок лінійного коефіцієнта теплопередачі лінійного теплопровідного включення, що виконується згідно з [31] за формулою:

$$k_i = L^{2D} - \sum_{i=1}^{N} U_j \cdot l_j, \tag{5.34}$$

де L^{2D} – лінійний коефіцієнт теплового зв'язку, Вт/К, визначається за формулою

$$L^{2D} = \frac{Q_{\text{заг}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}, \tag{5.35}$$

де $Q_{\text{заг}}$ - тепловий потік, що проходить через розрахункову ділянку огороджувальної конструкції з теплопровідним включенням, Вт, визначають на підставі результатів розрахунку емпературного поля;

де $t_{\text{в}}$, $t_{\text{з}}$ – температура, °С, внутрішнього та зовнішнього повітря.

U_j – коефіцієнт теплопередачі одновимірного фрагмента, Вт/(м^2 · К), який розділяє два досліджуваних середовища визначається за формулою

$$U_1 = \frac{1}{R_\Sigma}, \tag{5.36}$$

де R_Σ – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції, м^2 · К/Вт, визначається за формулою:

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \tag{5.37}$$

де δ_i – товщини шарів огороджувальної конструкції, м;

λ_{ip}– теплопровідність шарів огороджувальної конструкції, Вт/(м · К), приймається за табл. А.1 [18];

$\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), які приймають згідно з табл. 5.8;

l_i – довжина, м, до якої застосовано значення U_i.

5.14 Приклади розрахунків.

5.14.1 Розрахунок приведеного опору теплопередачі неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкцій (з відомими лінійними та точковими коефіцієнтами теплопередачі)

Вихідні данні:

1. Місто будівництва – Полтава;
2. Об'єкт – школа;
3. Огороджувальна конструкція – зовнішня стіна.

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря – $t_в = 21℃$;

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря – $\varphi_в = 50\%$;

За таблицею 5.6 визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За таблицею 5.9 визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальній конструкції – Б;

Фрагмент фасаду з розрахунковою ділянкою наведено на рис. 5.8.

Переріз стіни по ділянці 1 та 2 наведено на рис. 5.9.

Теплопровідність шарів огороджувальної конструкції приймаємо за табл. А.1 [18].

Товщина та теплопровідність шарів огороджувальної конструкції наведена у табл. 5.16.

Нумерація шарів від внутрішньої поверхні огородження.

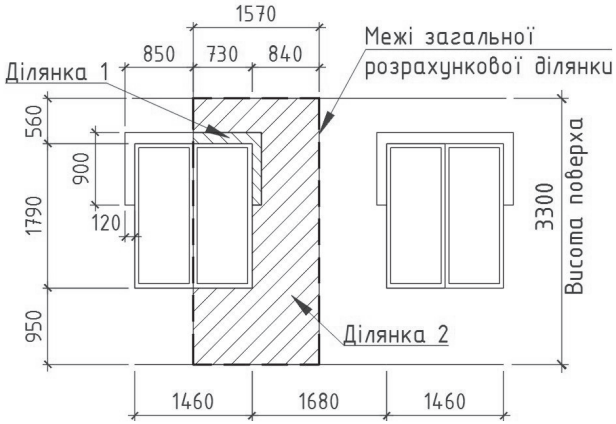


Рис. 5.8 Фрагмент фасаду з розрахунковою ділянкою

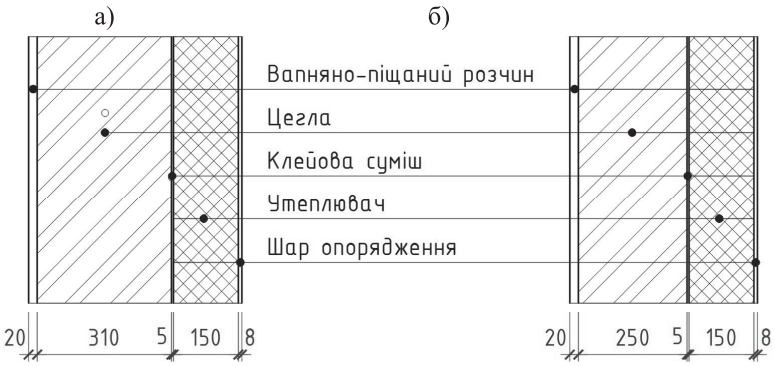


Рис. 5.9 Переріз стіни по: а) ділянка 1; б) ділянка 2

Таблиця 5.16

Характеристика шарів огороджувальної конструкції

№	Найменування	Товщина, м, по ділянці		Теплопровідність, Вт/(м · К)
		1	2	
1	Вапняно-піщаний розчин	0,02		0,81
2	Цегла	0,31	0,25	0,81
3	Клейова суміш	0,005		0,93
4	Утеплювач	0,15		0,045
5	Шар опорядження	0,008		0,93

Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції за формулою:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{F_\Sigma}{\sum_{i=1}^{n}\frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^{m} k_j L_j + \sum_{k=1}^{K} \Psi_k \cdot N_k} =$$

$$= \frac{F_\Sigma}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + \frac{F_2}{R_{\Sigma 2}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + \Psi_1 \cdot N_1} =$$

$$= \frac{3{,}8743}{\frac{0{,}1956}{3{,}913} + \frac{3{,}6786}{3{,}839} + 0{,}081 \times 0{,}73 + 0{,}064 \times 0{,}73 + 0{,}071 \times 1{,}79 + 0{,}005 \times 24} =$$

$$= 2{,}846\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де F_Σ – площа розрахункової ділянки огороджувальної конструкції, м^2, (рисунок 5.5) визначаємо за формулою:

$$F_{\Sigma} = 3{,}3 \times 1{,}57 - 1{,}79 \times 0{,}73 = 3{,}8743 \text{ м}^2$$

F_1, F_2 – відповідно площа ділянки 1 та 2, м^2, (рисунок 5.5) визначаємо за формулами:

$$F_1 = 0{,}9 \times 0{,}12 + 0{,}73 \times 0{,}12 = 0{,}1956 \text{ м}^2$$
$$F_2 = 3{,}8742 - 0{,}1956 = 3{,}6786 \text{ м}^2$$

$R_{\Sigma 1}$, $R_{\Sigma 2}$ – відповідно опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції, м$^2 \cdot$ К/Вт , на ділянці 1 та 2, визначаємо за формулами:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} =$$
$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}31}{0{,}81} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}15}{0{,}045} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 3{,}913 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$
$$R_{\Sigma 2} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} =$$
$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}25}{0{,}81} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}15}{0{,}045} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 3{,}839 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p}, λ_{5p} – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, Вт/(м $\cdot$ К);

$\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м$^2 \cdot$ К), які приймаємо згідно табл. 5.8;

$\alpha_{\text{в}} = 8{,}7$ Вт/(м$^2 \cdot$ К); $\alpha_{\text{зн}} = 23$ Вт/(м$^2 \cdot$ К);

k_1; k_2; k_3 – лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м $\cdot$ К), відповідно віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, визначаємо за табл. Г.1 [18].

$k_1 = 0{,}081$ Вт/(м $\cdot$ К); $k_2 = 0{,}064$ Вт/(м $\cdot$ К); $k_3 = 0{,}071$ Вт/(м $\cdot$ К).

Лінійний коефіцієнт k_3 на ділянці примикання вікна до ділянки 1 дещо відрізняється від наведеного у табл. Г.1 [18]. Якщо є потреба у більш точному розрахунку k_3 для цієї ділянки, тоді необхідно визначити його на основі розрахунку температурного поля.

L_1, L_2, L_3 – лінійний розмір (проекція) відповідно 1-го, 2-го та 3-го лінійного теплопровідного включення, м;

$L_1 = 0{,}73$ м, $L_2 = 0{,}73$ м, $L_3 = 1{,}79$ м;

Ψ_1 – точковий коефіцієнт теплопередачі дюбеля для кріплення утеплювача, Вт/К, визначають згідно з табл. Д.1 [18];

$$\Psi_1 = 0{,}005 \text{ Вт/К}$$

N_k – загальна кількість точкових теплопровідних включень, шт, визначаємо за формулою:

$$N_k = F_\Sigma \times n_д = 3{,}8743 \times 6 = 24 \text{ шт.}$$

де $n_д$ – кількість дюбелів на м^2 огороджувальної конструкції, приймаємо $n_д = 6$

5.14.2 Розрахунок приведеного опору теплопередачі неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкцій (з невідомими лінійними коефіцієнтами теплопередачі)

Вихідні данні:

1. Місто будівництва – Полтава;
2. Об'єкт – школа;
3. Огороджувальна конструкція – зовнішня стіна.

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря – $t_в = 21℃$

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря – $\varphi_в = 50\%$

За таблицею 5.6 визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За таблицею 5.9 визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальній конструкції – Б;

Фрагмент фасаду з розрахунковою ділянкою наведено на рис. 5.10.

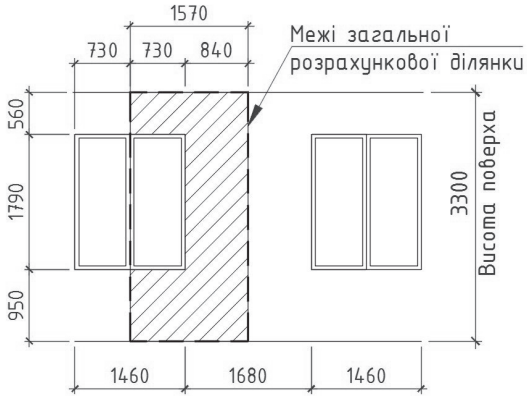


Рис. 5.10 Фрагмент фасаду з розрахунковою ділянкою

Переріз стіни наведено на рисунку 5.11.

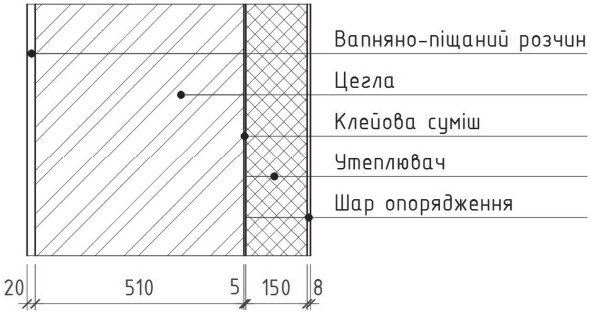


Рис. 5.11 Переріз стіни

Теплопровідність шарів огороджувальної конструкції приймаємо за табл. А.1 [18].

Товщина та теплопровідність шарів огороджувальної конструкції наведена у табл. 5.17.

Нумерація шарів від внутрішньої поверхні огородження.

Таблиця 5.17

Характеристика шарів огороджувальної конструкції

№	Найменування	Товщина, м, по ділянці	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	2	3	4
1	Вапняно-піщаний розчин	0,02	0,81
2	Цегла	0,51	0,81
3	Клейова суміш	0,005	0,93
4	Утеплювач	0,15	0,038
5	Шар опорядження	0,008	0,93

Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції за формулою:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{F_\Sigma}{\sum_{i=1}^{n}\frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^{m} k_j L_j + \sum_{k=1}^{K} \Psi_k \cdot N_k} =$$

$$= \frac{F_\Sigma}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + \Psi_1 \cdot N_1} =$$

$$= \frac{3{,}8743}{\frac{3{,}8743}{4{,}774} + 0{,}099 \times 0{,}73 + 0{,}13 \times 0{,}73 + 0{,}1353 \times 1{,}79 + 0{,}005 \times 24} =$$

$$= 2{,}889 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як розрахункова ділянка складається з одної термічно однорідної частини конструкції, тому $F_1 = F_\Sigma = 3{,}8743$ м^2

$R_{\Sigma 1}$, – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції, м$^2 \cdot$ К/Вт , визначаємо за формулою:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_з} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}15}{0{,}038} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 4{,}774 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p}, λ_{5p} – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, Вт/(м $\cdot$ К);

$\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м$^2 \cdot$ К), які приймаємо згідно табл. 5.8;

$\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м$^2 \cdot$ К); $\alpha_з = 23$ Вт/(м$^2 \cdot$ К);

k_1; k_2; k_3 – лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м $\cdot$ К), відповідно віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання.

Так як схеми теплопровідних включень відрізняються від наведених у табл. Г.1 [18] (товщина цегляної стіни, наявність цегляних четвертей, теплопровідність утеплювача) тому лінійні коефіцієнти теплопередачі визначаємо за розрахунками температурних полів.

Вузол 1. Віконний укос в зоні перемички

Розрахункова схема ділянки для розрахунку температурного поля наведена на рис. 5.12.

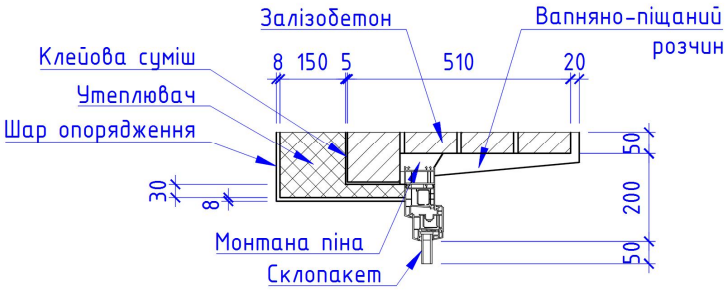


Рис. 5.12 Розрахункова схема ділянки для розрахунку температурного поля

Визначаємо лінійний коефіцієнт теплопередачі за формулою:

$$k_1 = L^{2D} - \sum_{i=1}^{j} U_1 \cdot l_1 = 0{,}11 - 0{,}227 \times 0{,}05 = 0{,}099 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

де L^{2D} – лінійний коефіцієнт теплового зв'язку, Вт/К, визначаємо за формулою

$$L^{2D} = \frac{Q_{\text{заг}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}} = \frac{4{,}721}{21 - (-22)} = 0{,}11 \text{ Вт/К}$$

де $Q_{\text{заг}}$ - тепловий потік, що проходить через розрахункову ділянку огороджувальної конструкції з теплопровідним включенням, Вт, визначається на основі розрахунку температурного поля.

$$Q_{\text{заг}} = 4{,}721 \text{ Вт}$$

Температурне поле розрахункової ділянки наведено на рисунку 5.13.

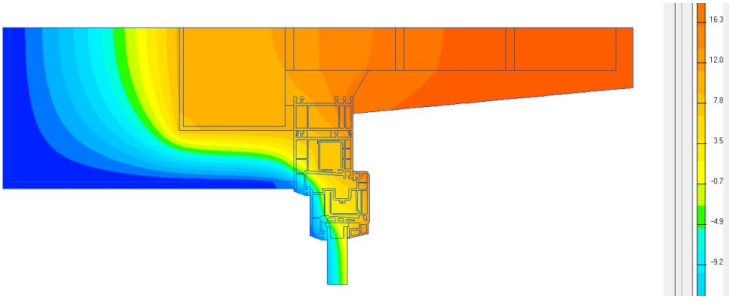


Рис. 5.13 – Температурне поле розрахункової ділянки

$t_з$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С, приймаємо за табл. 5.11. За рис. 5.3 Полтава знаходиться у І-й температурній зоні тому $t_з = -22$ °С.

U_1 – коефіцієнт теплопередачі одновимірного фрагмента, Вт/(м^2 · К), який розділяє два досліджуваних середовища визначаємо за формулою

$$U_1 = \frac{1}{R_{\Sigma од}} = \frac{1}{4{,}412} = 0{,}227 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

де $R_{\Sigma од}$ – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції,
м^2 · К/Вт, визначаємо за формулою

$$R_{\Sigma од} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1р}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2р}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3р}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4р}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5р}} + \frac{\delta_6}{\lambda_{6р}} + \frac{1}{\alpha_з} =$$
$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}48}{2{,}04} + \frac{0{,}03}{0{,}93} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}15}{0{,}038} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23}$$
$$= 4{,}412 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5, δ_6 – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, загальної товщина залізобетонних перемичок, загальна товщина цементно-піщаного розчину між перемичками, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

$\lambda_{1р}$, $\lambda_{2р}$, $\lambda_{3р}$, $\lambda_{4р}$, $\lambda_{5р}$, $\lambda_{6р}$ – теплопровідність вапняно-піщаного розчину, залізобетону, цементно-піщаного розчину між, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, Вт/(м · К).

Теплопровідність залізобетону та цементно-піщаного розчину визначаємо за табл. А.1 [18];

$\lambda_{2р} = 0{,}93$ Вт/(м · К), $\lambda_{3р} = 2{,}04$ Вт/(м · К)

l_1 – довжина, м, до якої застосовано значення U_1.

$$l_1 = 0{,}05 \text{ м}$$

Вузол 2. Віконний укос в зоні підвіконня

Розрахункова схема ділянки для розрахунку температурного поля наведена на рис. 5.14.

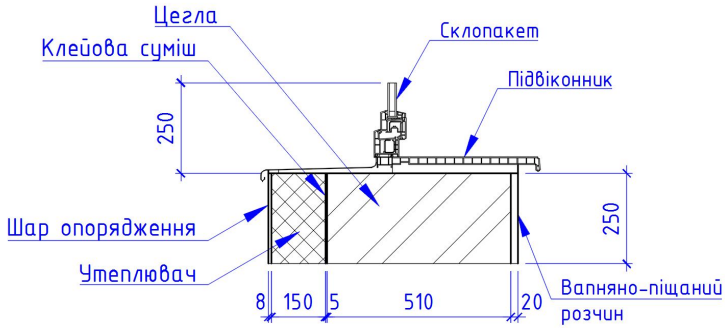


Рис. 5.14 Розрахункова схема для розрахунку температурного поля

Визначаємо лінійний коефіцієнт теплопередачі за формулою:

$$k_1 = L^{2D} - \sum_{i=1}^{j} U_1 \cdot l_1 = 0{,}1822 - 0{,}209 \times 0{,}25 = 0{,}13 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

де L^{2D} – лінійний коефіцієнт теплового зв'язку, Вт/К, визначаємо за формулою

$$L^{2D} = \frac{Q_{\text{заг}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}} = \frac{7{,}8367}{21 - (-22)} = 0{,}1822 \text{ Вт/К}$$

де $Q_{\text{заг}}$ - тепловий потік, що проходить через розрахункову ділянку огороджувальної конструкції з теплопровідним включенням, Вт, визначається на основі розрахунку температурного поля.

$$Q_{\text{заг}} = 7{,}8367 \text{ Вт}$$

Температурне поле розрахункової ділянки наведено на рисунку 5.15.

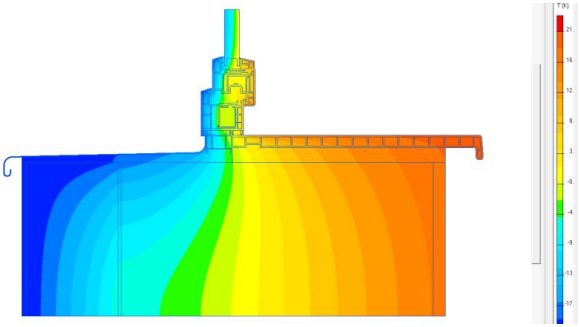


Рис. 5.15 Температурне поле розрахункової ділянки

$t_з$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С, приймаємо за табл. 5.11. За рис. 5.3 Полтава знаходиться у І-й температурній зоні тому $t_з = -22$ °С.

U_1 – коефіцієнт теплопередачі одновимірного фрагмента, Вт/(м^2 · К), який розділяє два досліджуваних середовища визначаємо за формулою

$$U_1 = \frac{1}{R_{\Sigma од}} = \frac{1}{4{,}774} = 0{,}209 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

де $R_{\Sigma од}$ – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції,
м^2 · К/Вт, визначаємо за формулою

$$R_{\Sigma од} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_з} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}15}{0{,}038} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 4{,}774 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p}, λ_{5p} – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, Вт/(м · К);

l_1 – довжина, м, до якої застосовано значення U_1.

$$l_1 = 0{,}25 \text{ м}$$

Вузол 3. Віконний укос в зоні рядового примикання

Розрахункова схема ділянки для розрахунку температурного поля наведена на рисунку 5.16.

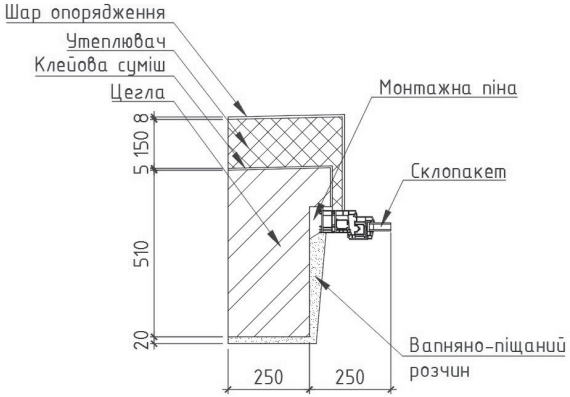


Рис. 5.16 Розрахункова схема для розрахунку температурного поля

Визначаємо лінійний коефіцієнт теплопередачі за формулою:

$$k_1 = L^{2D} - \sum_{i=1}^{j} U_1 \cdot l_1 = 0{,}1875 - 0{,}209 \times 0{,}25 = 0{,}1353 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

де L^{2D} – лінійний коефіцієнт теплового зв'язку, Вт/К, визначаємо за формулою

$$L^{2D} = \frac{Q_{\text{заг}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}} = \frac{8{,}061}{21 - (-22)} = 0{,}1875 \text{ Вт/К}$$

де $Q_{\text{заг}}$ - тепловий потік, що проходить через розрахункову ділянку огороджувальної конструкції з теплопровідним включенням, Вт, визначається на основі розрахунку температурного поля.

$$Q_{\text{заг}} = 8{,}061 \text{ Вт}$$

Температурне поле розрахункової ділянки наведено на рисунку 5.17.

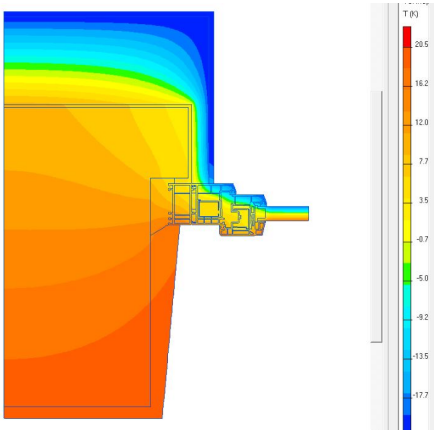


Рис. 5.17 Температурне поле розрахункової ділянки

$t_{\text{з}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С, приймаємо за табл. 5.11. За рис. 5.3 Полтава знаходиться у І-й температурній зоні тому $t_{\text{з}} = -22$ °С.

U_1 – коефіцієнт теплопередачі одновимірного фрагмента, Вт/(м^2 · К), який розділяє два досліджуваних середовища визначаємо за формулою

$$U_1 = \frac{1}{R_{\Sigma од}} = \frac{1}{4{,}774} = 0{,}209 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

де $R_{\Sigma од}$ – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції,
$\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, визначаємо за формулою

$$R_{\Sigma од} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_з} =$$
$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}15}{0{,}038} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 4{,}774 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p}, λ_{5p} – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, $\text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$;

l_1 – довжина, м, до якої застосовано значення U_1.

$$l_1 = 0{,}25 \text{ м}$$

L_1, L_2, L_3 – лінійний розмір (проекція) відповідно 1-го, 2-го та 3-го лінійного теплопровідного включення, м;

$L_1 = 0{,}73$ м, $L_2 = 0{,}73$ м, $L_3 = 1{,}79$ м;

Ψ_1 – точковий коефіцієнт теплопередачі дюбеля для кріплення утеплювача, Вт/К, визначають згідно з табл. Д.1 [18];

$$\Psi_1 = 0{,}005 \text{ Вт/К}$$

N_k – загальна кількість точкових теплопровідних включень, шт, визначаємо за формулою:

$$\text{N}_\text{k} = \text{F}_\Sigma \times 6 = 3{,}8743 \times 6 = 24 \text{ шт.}$$

5.14.3 Розрахунок опору теплопередачі конструкції без теплопровідних включень

Вихідні данні:

1. Місто будівництва – Полтава;
2. Об’єкт – школа;
3. Огороджувальна конструкція – зовнішня стіна.

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря – $\text{t}_\text{в} = 21℃$

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря – $\varphi_\text{в} = 50\%$

За таблицею 5.6 визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За таблицею 5.9 визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальній конструкції – Б;

Переріз стіни наведено на рис. 5.18.

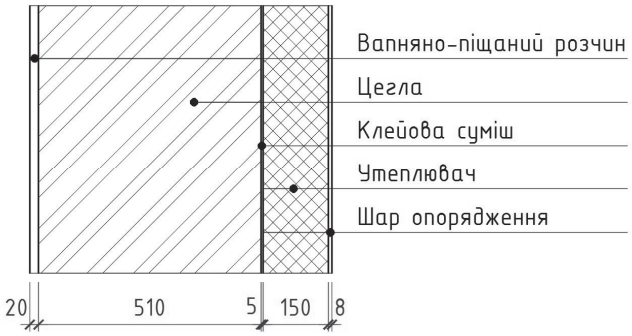


Рис. 5.18 Переріз стіни

Теплопровідність шарів огороджувальної конструкції приймаємо за табл. А.1 [18].

Товщина та теплопровідність шарів огороджувальної конструкції наведена у табл. 5.18.

Нумерація шарів від внутрішньої поверхні огородження.

Таблиця 5.18

Характеристика шарів огороджувальної конструкції

№	Найменування	Товщина, м, по ділянці	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Вапняно-піщаний розчин	0,02	0,81
2	Цегла	0,51	0,81
3	Клейова суміш	0,005	0,93
4	Утеплювач	0,15	0,038
5	Шар опорядження	0,008	0,93

Визначаємо опір теплопередачі термічно однорідної огороджувальної конструкції за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,15}{0,038} + \frac{0,008}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,774 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p}, λ_{5p} – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, Вт/(м · К).

5.14.4 Розрахунок товщини утеплювача в конструкції з теплопровідними включеннями

Для виконання розрахунку використовуємо результати розрахунку з задачі 5.14.2.

За результатами розрахунку задачі 5.14.2 приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma\text{пр}} = 2,889 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

За рис. 5.3 визначаємо температурну зону міста будівництва (Полтава) – І-а.

За табл. 5.4 визначаємо мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції $R_{q\ min} = 3,3 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

Так як $R_{\Sigma\text{пр}} = 2,889 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q\ min} = 3,3 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$ то умова за формулою (5.2) не виконується. Прийнята у розрахунку задачі 5.14.2 товщина утеплювача $\delta_4 = 0,15$ м недостатня.

Щоб отримати формулу для визначення товщини утеплювача в огороджувальних конструкціях з теплопровідними включеннями у формулі (5.11) замінюємо $R_{\Sigma\text{пр}}$ на $R_{q\ min}$. Тоді товщину утеплювача можна визначити за формулою

$$\delta_4 = \lambda_{4p}\left(\frac{R_{q\ min} \cdot F_\Sigma}{F_\Sigma - R_{q\ min}(k_1L_1 + k_2L_2 + k_3L_3 + \Psi_1 \cdot N_1)}\right) - \\ - \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} - \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} - \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} - \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{1}{\alpha_з} =$$

$$= 0,038\left(\frac{3,3 \times 3,8743}{3,8743 - 3,3(0,099 \times 0,73 + 0,13 \times 0,73 + 0,1353 \times 1,79 + 0,005 \times 24)}\right. \\ \left. - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,51}{0,81} - \frac{0,005}{0,93} - \frac{0,008}{0,93} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23}\right) = 0,197 \text{ м}$$

Наведена формула може використовуватися у випадку якщо є тільки одна термічно однорідна частина огородження.

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_4 = 0,2$ м.

Визначаємо приведений опір теплопередачі з прийнятою товщиною утеплювача за формулою

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{F_\Sigma}{\sum_{i=1}^{n}\frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^{m} k_j L_j + \sum_{k=1}^{K} \Psi_k \cdot N_k} =$$

$$= \frac{F_\Sigma}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + \Psi_1 \cdot N_1} =$$

$$= \frac{3{,}8743}{\frac{3{,}8743}{6{,}09} + 0{,}099 \times 0{,}73 + 0{,}13 \times 0{,}73 + 0{,}1353 \times 1{,}79 + 0{,}005 \times 24} =$$

$$= 3{,}324 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції визначаємо за формулою:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_\text{в}} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_\text{з}} = \frac{1}{\alpha_\text{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_\text{з}} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}2}{0{,}038} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 6{,}09 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як $R_{\Sigma\text{пр}} = 3{,}324 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q\,min} = 3{,}3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ то умова за формулою (5.2) виконується. Визначена товщина утеплювача $\delta_4 = 0{,}2$ м достатня.

5.14.5 Розрахунок товщини утеплювача в конструкції без теплопровідних включень

Для виконання розрахунку використовуємо вихідні данні з задачі 5.14.3.

За рис. 5.3 визначаємо температурну зону міста будівництва (Полтава) – І-а.

За табл. 5.4 визначаємо мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції $R_{q\,min} = 3{,}3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Визначаємо опір теплопередачі термічно однорідної огороджувальної конструкції за формулою

$$\delta_4 = \lambda_{4p}\left(R_{q\,min} - \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} - \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} - \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} - \frac{1}{\alpha_\text{в}} - \frac{1}{\alpha_\text{з}}\right) =$$

$$= 0{,}038\left(3{,}3 - \frac{0{,}02}{0{,}81} - \frac{0{,}51}{0{,}81} - \frac{0{,}005}{0{,}93} - \frac{0{,}008}{0{,}93} - \frac{1}{8{,}7} - \frac{1}{23} - \right) = 0{,}094 \text{ м}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p}, λ_{5p} – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, Вт/(м · К).

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_4 = 0{,}1$ м.

Визначаємо пір теплопередачі з прийнятою товщиною утеплювача за формулою

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_з} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}1}{0{,}038} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 3{,}458 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як $R_\Sigma = 3{,}458$ м^2 · К/Вт $> R_{q\,min} = 3{,}3$ м^2·К/Вт то умова за формулою (5.2) виконується. Визначена товщина утеплювача $\delta_4 = 0{,}1$ м достатня.

5.14.6 Розрахунок приведеного опору теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції (вікно)

Вихідні данні:

1. Склопакет двокамерний 4К-16-4К (газовий склад середовища камер склопакетів – 100% криптон);
2. Приведений опір теплопередачі профільної системи за результатами сертифікаційних випробувань складає $R_{\Sigma 1} = 0{,}85$ м^2 · К/Вт;
3. Дистанційні рамки склопакетів із алюмінію;
4. Заглиблення дистанційної рамки відносно штапика С = 10 мм;
5. Ширина дистанційних рамок 10 мм.

Схема вікна наведена на рис. 5.19.

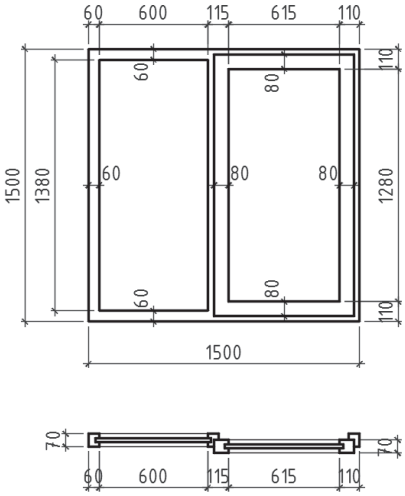


Рис. 5.19 Схема вікна

Приведений опір теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{сп}} + F_1}{\frac{F_{\text{сп}}}{R_{\Sigma\text{сп}}} + \frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + k_1 \cdot L_1} = \frac{1{,}6152 + 0{,}6348}{\frac{1{,}6152}{0{,}67} + \frac{0{,}6348}{0{,}85} + 0{,}05 \times 7{,}5} = 0{,}637 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$F_{\text{сп}}$ – площа світлопрозорої частини, м^2, визначаємо за формулою

$$F_{\text{сп}} = 1{,}38 \times 0{,}6 + 1{,}28 \times 0{,}615 = 1{,}6152 \text{ м}^2$$

F_1 – площа непрозорого елементу, м^2, визначаємо за формулою

$$F_1 = 1{,}5 \times 1{,}5 - F_{\text{сп}} = 1{,}5 \times 1{,}5 - 1{,}6152 = 0{,}6348 \text{ м}^2$$

де $R_{\Sigma\text{сп}}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорої ділянки, визначають за додатком Б. Для склопакету 4К-16-4К (газовий склад середовища камер склопакетів – 100% криптон) $R_{\Sigma\text{сп}} = 0{,}67$ м$^2 \cdot$ К/Вт;

За вихідними даними опір теплопередачі непрозорого елементу складає $R_{\Sigma 1} = 0{,}85$ м$^2 \cdot$ К/Вт;

k_1 – лінійній коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м $\cdot$ К), теплопровідного включення, визначаємо за табл. 5.12;

$$k_1 = 0{,}05$$

L_1, – лінійній розмір, м, непрозорого елементу (імпосту, стулок, рами, ригелів, стійок тощо) світлопрозорої конструкції визначаємо за формулою

$$L_1 = 1{,}5 \times 5 = 7{,}5 \text{ м}$$

5.14.7 Розрахунок товщини утеплювача стіни без теплопровідних включень, що розділяє опалювану та неопалювану частини підвалу

Вихідні данні:

1. Місто будівництва – Полтава;
2. Об'єкт – школа;
3. Огороджувальна конструкція – зовнішня стіна, що розділяє опалювану та неопалювану частини підвалу.

Конструкція стіни наведена на ри. 5.20.

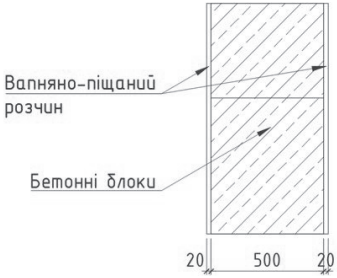


Рис. 5.20 Конструкція стіни, що межує між опалювальної та неопалювальної частинами підвалу

Визначаємо опір теплопередачі стіни, що розділяє опалювану та неопалювану частини підвалу за формулою

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}5}{1{,}86} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{1}{8{,}7}$$
$$= 0{,}548 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3 – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, бетонних блоків, вапняно-піщаного розчину, м;

$\delta_1 = 0{,}02$ м; $\delta_2 = 0{,}5$ м; $\delta_3 = 0{,}02$ м;

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p} – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, бетонних блоків, вапняно-піщаного розчину, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 додатку А;

$\lambda_{1p} = 0{,}81$ Вт/(м · К); $\lambda_{2p} = 1{,}86$ Вт/(м · К); $\lambda_{3p} = 0{,}81$ Вт/(м · К);

$\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь внутрішньої стіни, Вт/(м^2 · К), які приймаємо згідно з табл. 5.8;

$\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м^2 · К); $\alpha_з = 8{,}7$ Вт/(м^2 · К)

Визначаємо мінімально допустиме значення опору теплопередачі стіни, що розділяє опалювану та неопалювану частини підвалу за формулою

$$R_{q.min} = \frac{t_в - t_{під}}{\Delta t_{сг} \cdot \alpha_в} = \frac{21 - 8{,}3}{4 \times 8{,}7} = 0{,}365 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де $t_в$ – розрахункові температури повітря в опалюваному підвалі, °С, приймаємо згідно з табл. 5.7;

$$t_в = 21 \text{ °С}$$

$\Delta t_{сг}$ - допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С, приймаємо за табл. 5.10;

$$\Delta t_{сг} = 4 \text{ °С}$$

$t_{під}$ – розрахункові температури повітря в неопалюваному підвалі, °С, визначаємо за формулою

$$t_{під} = \frac{\sum \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} t_в + \sum \frac{F_j}{R_{\Sigma j}} t_з}{\sum \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum \frac{F_j}{R_{\Sigma j}}} =$$

$$= \frac{\left(\frac{826{,}6}{3{,}763} + \frac{171{,}1}{0{,}548}\right) \times 21 + \left(\frac{219}{2{,}1} + \frac{205{,}7}{4{,}3} + \frac{197}{8{,}6} + \frac{413}{14{,}2} + \frac{16{,}4}{3{,}434} + \frac{43{,}8}{3{,}073}\right) \times (-22)}{\frac{826{,}6}{3{,}736} + \frac{171{,}1}{0{,}548} + \frac{219}{2{,}1} + \frac{205{,}7}{4{,}3} + \frac{197}{8{,}6} + \frac{413}{14{,}2} + \frac{16{,}4}{3{,}434} + \frac{43{,}8}{3{,}072}} =$$

$$= 8{,}3 \text{ °С}$$

F_i – площа, м^2, огороджувальних конструкцій, що роз'єднують опалювані приміщення та неопалюваний підвал.

F_j - площа, м^2, огороджувальних конструкцій, що межують з ґрунтом та зовнішнім повітрям.

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі, м$^2 \cdot$ К/Вт, огороджувальних конструкцій, що роз'єднують опалювані приміщення та неопалюваний підвал.

$R_{\Sigma j}$ - опір теплопередачі, м$^2 \cdot$ К/Вт, огороджувальних конструкцій, що межують з ґрунтом та зовнішнім повітрям.

Огороджувальні конструкції, що роз'єднують опалювані приміщення та неопалюваний підвал.

Площа ділянок огороджувальних конструкцій, що роз'єднують опалювані приміщення та неопалювальний підвал:

1. Перекритті над неопалюваним підвалом. $F_1 = 826{,}6$ м^2;

2. Бетонна стіна між опалюваною та неопалюваною частинами підвалу. $F_2 = 171{,}1$ м^2.

Опір теплопередачі:

1. Перекритті над неопалюваним підвалом.

Конструкція перекриття над неопалюваним підвалом наведена на рис. 5.21.

Рис. 5.21 Конструкція перекриття над неопалюваним підвалом

Визначаємо опір теплопередачі конструкції перекриття над неопалюваним підвалом за формулою

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + R_{п\,пр} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{\delta_6}{\lambda_{6p}} + \frac{1}{\alpha_з} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}18} + 0{,}172 + \frac{0{,}22}{2{,}04} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}12}{0{,}039} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{6}$$

$$= 3{,}763 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5, δ_6 – товщина відповідно дощок підлоги, повітряного прошарку, залізобетонної плити, клейової суміші, утеплювача FRONTROCK MAX E, опоряджувального шару, м;

$\delta_1 = 0{,}02$ м; $\delta_2 = 0{,}06$м; $\delta_3 = 0{,}22$м; $\delta_4 = 0{,}005$м; $\delta_5 = 0{,}12$м $\delta_6 = 0{,}008$м;

λ_{1p}, λ_{3p}, λ_{4p}, λ_{5p}, λ_{6p} – теплопровідність відповідно дощок підлоги, залізобетонної плити, клейової суміші, утеплювача, опоряджувального шару, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 додатку А;

$\lambda_{1p} = 0{,}18$ Вт/(м · К); $\lambda_{3p} = 2{,}04$ Вт/(м · К); $\lambda_{4p} = 0{,}93$ Вт/(м · К); $\lambda_{5p} = 0{,}039$ Вт/(м · К); $\lambda_{6p} = 0{,}93$ Вт/(м · К)

$R_{\text{п пр}}$ – опір теплопередачі замкнутого повітряного прошарку, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, визначаємо за табл. 5.2;

$$R_{\text{п пр}} = 0{,}172\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь перекриття над неопалювальним підвалом, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, які приймаємо згідно з табл. 5.8;

$\alpha_{\text{в}} = 8{,}7\ \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $\alpha_{\text{з}} = 6\ \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$

2. Стіна з бетонних блоків між опалювальною та неопалювальною частинами підвалу.

$$R_{\Sigma 2} = R_{\Sigma} = 0{,}548\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Огороджувальні конструкції, що межують з ґрунтом мають на різних ділянках різний опір теплопередачі. Поділення огороджувальних конструкцій, що межують з ґрунтом на ділянки наведено на рисунку 5.22.

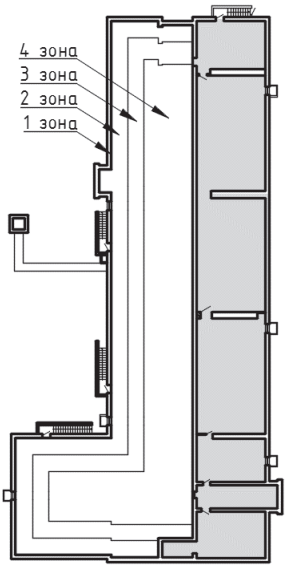
Площа ділянок огороджувальних конструкцій, що межують з ґрунтом:

1-а зона. $F^1 = 219\ \text{м}^2$;
2-а зона. $F^2 = 205{,}7\ \text{м}^2$;
3-я зона. $F^3 = 197\ \text{м}^2$;
3-а зона. $F^4 = 413\ \text{м}^2$.

Опір теплопередачі ділянок згідно з п.5.6 складає:

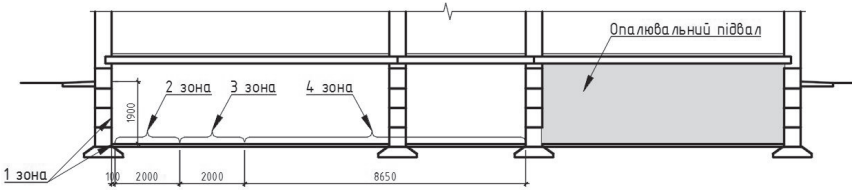
1-а зона. $R_{\Sigma}^1 = 2{,}1\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
2-а зона. $R_{\Sigma}^2 = 4{,}3\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
3-я зона. $R_{\Sigma}^3 = 8{,}6\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
3-а зона. $R_{\Sigma}^4 = 14{,}2\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

а)



б)

Розріз 1-1



в)

Розріз 2-2

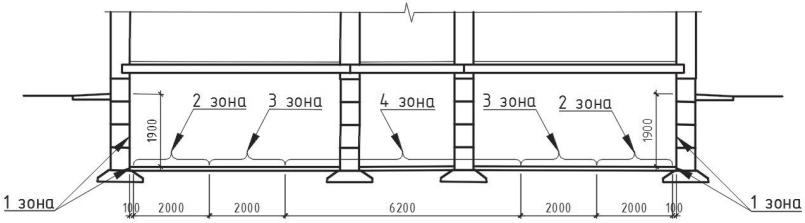


Рис. 5.22 Розташування на огородженнях, що межують з ґрунтом, зон з різним опором теплопередачі: а) 1 план підвалу, б) розріз 1-1, в) розріз 2-2

Огороджувальні конструкції, що межують з зовнішнім повітрям. Поділення огороджувальних конструкцій, що межують з зовнішнім повітрям, на зони наведено на рис. 5.23.

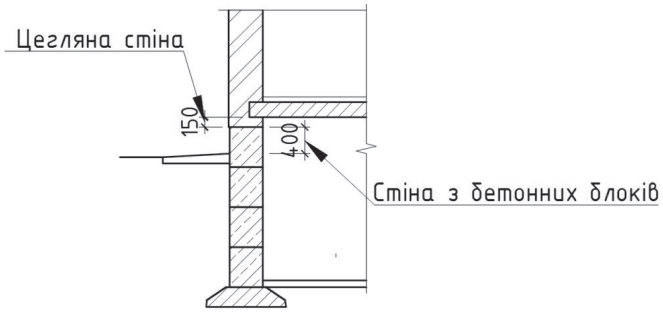


Рис. 5.23 Зони огороджувальних конструкцій, що межують з зовнішнім повітрям (утеплення умовно не показано)

Площа ділянок огороджувальних конструкцій, що межують з зовнішнім повітрям:

1. Цегляна стіна. $F^5 = 16{,}4$ м^2;
2. Стіна з бетонних блоків. $F^6 = 43{,}8$ м^2.

Опір теплопередачі:

1. Цегляна стіна.

$$R_{\Sigma}^{5} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}1}{0{,}038} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 3{,}434 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4 – товщина відповідно цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

$\delta_1 = 0{,}51$ м; $\delta_2 = 0{,}005$ м; $\delta_3 = 0{,}1$ м; $\delta_4 = 0{,}008$ м

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p} – теплопровідність відповідно цегли, клейової суміші, утеплювача FRONTROCK MAX E, шару опорядження, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 додатку А;

$\lambda_{1p} = 0{,}81$ Вт/(м · К); $\lambda_{2p} = 0{,}93$ Вт/(м · К); $\lambda_{3p} = 0{,}038$ Вт/(м · К); $\lambda_{4p} = 0{,}93$ Вт/(м · К)

$\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь перекриття над неопалювальним підвалом, Вт/(м^2 · К), які приймаємо згідно з табл. 5.8;

$\alpha_{\text{в}} = 8{,}7$ Вт/(м^2 · К); $\alpha_{\text{з}} = 23$ Вт/(м^2 · К)

2. Стіна з бетонних блоків (утеплення аналогічне стіні).

$$R_{\Sigma}^{6} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{1}{\alpha_{з}} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}5}{1{,}86} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}1}{0{,}038} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 3{,}073 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4 – товщина відповідно бетону, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

$\delta_1 = 0{,}5$ м; $\delta_2 = 0{,}005$м; $\delta_3 = 0{,}1$м; $\delta_4 = 0{,}008$ м

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p} – теплопровідність відповідно, бетону, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 додатку А;

$\lambda_{1p} = 1{,}86$ Вт/(м · К); $\lambda_{2p} = 0{,}93$ Вт/(м · К); $\lambda_{3p} = 0{,}0338$ Вт/(м · К); $\lambda_{4p} = 0{,}93$ Вт/(м · К)

$\alpha_{в}$, $\alpha_{з}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої (з боку теплого приміщення) і зовнішньої (з боку неопалювального підвалу) поверхонь стіни, Вт/(м^2 · К), які приймаємо згідно з табл. 5.8;

$\alpha_{в} = 8{,}7$ Вт/(м^2 · К); $\alpha_{з} = 23$ Вт/(м^2 · К)

Згідно з додатком А [6] допустиме значення опору теплопередачі внутрішніх конструкцій $R_{q\,min}$, приймають не менше 0,5 м^2 · К/Вт. Так як за розрахунком $R_{q\,min} = 0{,}365$ м^2 · К/Вт, що менше 0,5 м^2 · К/Вт тому приймаємо $R_{q\,min} = 0{,}5$ м^2 · К/Вт.

Так як $R_{\Sigma} = 0{,}548$ м^2 · К/Вт $> R_{q.min} = 0{,}5$ м^2 · К/Вт то теплозахисні властивості стіни достатні. Додаткового утеплення не потрібно.

5.14.8 Розрахунок коефіцієнта теплопередачі підлоги по ґрунту (при відсутності підвалу)

Вихідні данні:

1. Площа підлоги – 240 м^2;
2. Периметр підлоги – 64 м;
3. Загальна товщина зовнішніх стін - 0,56 м;
4. Ґрунт – пісок.

Конструкція підлоги по ґрунту наведена на рис. 5.24.

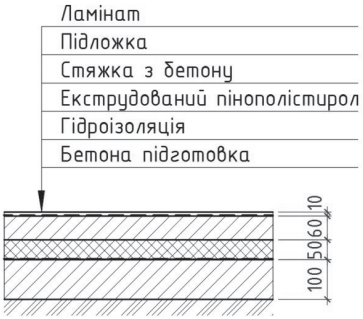


Рис. 5.24 Конструкція підлоги по ґрунту

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.25.

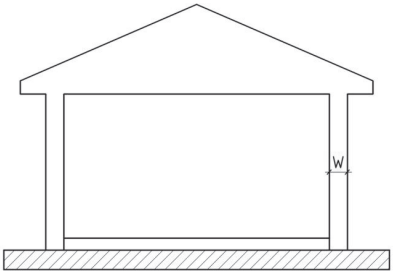


Рис. 5.25 Розрахункова схема

Для визначення формули за якою розраховується величина U попередньо визначаємо величини d_t та B'.

де d_t – еквівалентна товщина підлоги, яку розраховуємо за формулою:

$$d_t = w + \lambda\left(R_{si} + R_f + R_{se}\right) = 0{,}56 + 2(0{,}17 + 1{,}537 + 0{,}043) = 4{,}06 \text{ м}$$

w – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;

$$w = 0{,}56\, м$$

λ – теплопровідність ґрунту, приймаємо згідно табл. 5.13;

$$\lambda = 2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, приймаємо згідно табл. 5.14, $\text{м}^2 \cdot K/\text{Вт}$;

$$R_{si} = 0{,}17 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$$

R_f – термічний опір підлоги включаючи всі шари, $м^2 \cdot К/Вт$, визначаємо за формулою;

$$R_f = \sum_{i=1}^{n} R_i = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} =$$
$$= \frac{0,1}{1,86} + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,06}{1,86} + \frac{0,01}{0,1} = 1,537 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 – товщина відповідно бетонної підготовки, екструдованого пінополістиролу, стяжки з бетону, ламінату, м;

$\delta_1 = 0,1$м, $\delta_2 = 0,05$м, $\delta_3 = 0,06$м, $\delta_4 = 0,01$м

Товщину гідроізоляції та підложки не враховуємо.

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p}, – теплопровідність відповідно бетонної підготовки, екструдованого пінополістиролу, стяжки з бетону, ламінату, $Вт/(м \cdot К)$.

$\lambda_{1p} = 1,86$ $Вт/(м \cdot К)$; $\lambda_{2p} = 0,037$ $Вт/(м \cdot К)$; $\lambda_{3p} = 1,86$ $Вт/(м \cdot К)$; $\lambda_{4p} = 0,1$ $Вт/(м \cdot К)$

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, приймають згідно табл. 5.14, $м^2 \cdot К/Вт$.

$$R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

B' – характерний розмір підлоги, визначаємо за формулою:

$$B' = \frac{A}{0,5P} = \frac{240}{0,5 \times 64} = 7,5 \text{ м}$$

Так як $d_t = 4,06$ м $< B' = 7,5$ м (не ізольована або середньо ізольована підлога) тоді коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U визначаємо за формулою

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right) =$$
$$= \frac{2 \times 2}{3,14 \times 7,5 + 4,06} \ln\left(\frac{3,14 \times 7,5}{4,06} + 1\right) = 0,28 \text{ Вт/(м}^2 \cdot K)$$

5.14.9 Розрахунок коефіцієнта теплопередачі підлоги по ґрунту у цокольному поверху

Вихідні данні прийняті з задачі (п. 5.14.8).

Конструкція підлоги по ґрунту наведена на рис. 5.26.

Розрахункова схема для визначення опору теплопередачі зображена на рис. 5.26.

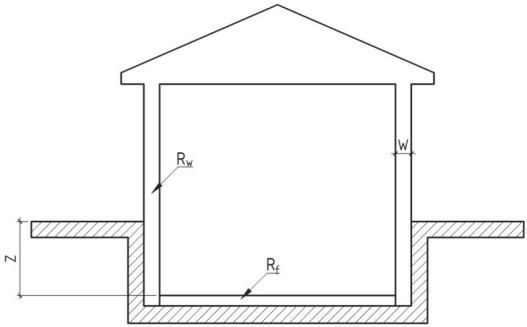


Рис. 5.26 Розрахункова схема

Для визначення формули за якою розраховується величина U_{bf} попередньо визначаємо величини d_t та B'.

де d_t – еквівалентна товщина підлоги, яку розраховуємо за формулою:

$$d_t = w + \lambda\left(R_{si} + R_f + R_{se}\right) = 0{,}56 + 2(0{,}17 + 1{,}537 + 0{,}043) = 4{,}06 \text{ м}$$

w – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;

$$w = 0{,}56\, м$$

λ – теплопровідність ґрунту, приймаємо згідно табл. 5.13;

$$\lambda = 2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, приймаємо згідно табл. 5.14, $\text{м}^2 \cdot K/\text{Вт}$;

$$R_{si} = 0{,}17 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$$

R_f – термічний опір підлоги включаючи всі шари, $\text{м}^2 \cdot K/\text{Вт}$, визначаємо за формулою;

$$R_f = \sum_{i=1}^{n} R_i = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} =$$

$$= \frac{0{,}1}{1{,}86} + \frac{0{,}05}{0{,}037} + \frac{0{,}06}{1{,}86} + \frac{0{,}01}{0{,}1} = 1{,}537 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 – товщина відповідно бетонної підготовки, екструдованого пінополістиролу, стяжки з бетону, ламінату, м;

$\delta_1 = 0{,}1\text{м}$, $\delta_2 = 0{,}05\text{м}$, $\delta_3 = 0{,}06\text{м}$, $\delta_4 = 0{,}01\text{м}$

Товщину гідроізоляції та підложки не враховуємо.

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p}, – теплопровідність відповідно бетонної підготовки, екструдованого пінополістиролу, стяжки з бетону, ламінату, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

$\lambda_{1p} = 1{,}86$ Вт/(м · К); $\lambda_{2p} = 0{,}037$ Вт/(м · К); $\lambda_{3p} = 1{,}86$ Вт/(м · К); $\lambda_{4p} = 0{,}1$ Вт/(м · К)

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, приймають згідно табл. 5.14, $м^2 \cdot К/Вт$.

$$R_{se} = 0{,}043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

B' – характерний розмір підлоги, визначаємо за формулою:

$$B' = \frac{A}{0{,}5P} = \frac{240}{0{,}5 \times 64} = 7{,}5 \text{ м}$$

де A – площа підлоги, $м^2$;

$$A = 240 \text{ м}^2$$

P – зовнішній периметр підлоги, м;

$$P = 64 \text{ м}$$

Так як $d_t + 0{,}5z = 4{,}06 + 0{,}5 \times 1{,}5 = 4{,}81$ м $< B' = 7{,}5$ м (неізольована та посередньо ізольована підлога) тоді коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U_{bf} визначаємо за формулою

$$U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0{,}5z} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + 0{,}5z} + 1\right) =$$

$$= \frac{2 \times 2}{3{,}14 \times 7{,}5 + 4{,}06 + 0{,}5 \times 1{,}5} \ln\left(\frac{3{,}14 \times 7{,}5}{4{,}06 + 0{,}5 \times 1{,}5} + 1\right) = 0{,}25 \text{ т/(м}^2 \cdot K)$$

z – висота стін, що контактують з ґрунтом, м.

$$z = 1{,}5 \text{ м}$$

5.14.10 Розрахунок теплопередачі системи огороджувальних конструкцій технічного підпілля

Вихідні данні прийняті з задачі (п. 5.14.8).

Висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям 1,5 м.

Площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору, $0{,}0075$ $м^2/м$.

Місто будівництва – Полтава.

Конструкція підлоги по ґрунту наведена на рис. 5.27.

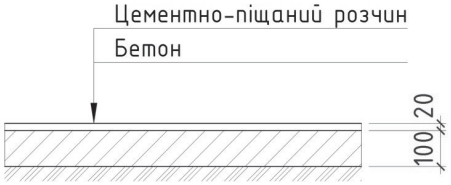


Рис. 5.27 Конструкція підлоги по ґрунту

Конструкція перекриття над технічним підпіллям наведена на рис. 5.28.

Рис. 5.28 Конструкція перекриття над неопалюваним підвалом

Конструкція зовнішньої стіни, що стикується з зовнішнім повітрям наведена на рис. 5.29.

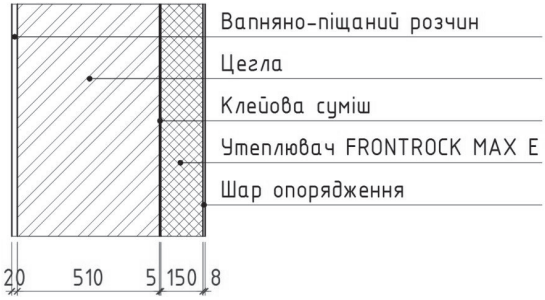


Рис. 5.29 Конструкція зовнішньої стіни

Розрахункова схема для визначення опору теплопередачі зображена на рис. 5.30.

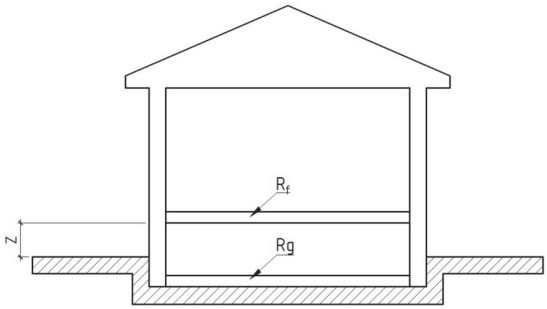


Рис. 5.30 Розрахункова схема

Коефіцієнт теплопередачі системи огороджувальних конструкцій технічного підпілля, $м^2 \cdot К/Вт$, визначаємо за формулою

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x} = \frac{1}{0{,}287} + \frac{1}{0{,}499 + 1{,}548} = 3{,}973 \text{ м}^2 \cdot К/Вт$$

де U_f – коефіцієнт теплопередачі перекриття над технічним підпіллям, $Вт/(м^2 \cdot К)$ (між внутрішнім середовищем та простором технічного підпілля) визначаємо за формулою

$$U_f = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + R_{\text{п пр}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{\delta_6}{\lambda_{6p}}} =$$

$$= \frac{1}{+\frac{0{,}02}{0{,}18} + 0{,}172 + \frac{0{,}22}{2{,}04} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}12}{0{,}039} + \frac{0{,}008}{0{,}93}} = 0{,}287 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot К)$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5, δ_6 – товщина відповідно дощок підлоги, повітряного прошарку, залізобетонної плити, клейової суміші, утеплювача FRONTROCK MAX E, опоряджувального шару, м;

$\delta_1 = 0{,}02$ м; $\delta_2 = 0{,}06$м; $\delta_3 = 0{,}22$м; $\delta_4 = 0{,}005$м; $\delta_5 = 0{,}12$м $\delta_6 = 0{,}008$м;

λ_{1p}, λ_{3p}, λ_{4p}, λ_{5p}, λ_{6p} – теплопровідність відповідно дощок підлоги, залізобетонної плити, клейової суміші, утеплювача, опоряджувального шару, $Вт/(м \cdot К)$, приймаємо за табл. А1 додатку А;

$\lambda_{1p} = 0{,}18$ $Вт/(м \cdot К)$; $\lambda_{3p} = 2{,}04$ $Вт/(м \cdot К)$; $\lambda_{4p} = 0{,}93$ $Вт/(м \cdot К)$; $\lambda_{5p} = 0{,}039$ $Вт/(м \cdot К)$; $\lambda_{6p} = 0{,}93$ $Вт/(м \cdot К)$

$R_{\text{п пр}}$ – опір теплопередачі замкнутого повітряного прошарку, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, визначаємо за табл. 5.2;

U_g – коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, визначаємо за формулою

$$U_g = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_g} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_g} + 1\right) = \frac{2 \times 2}{3{,}14 \times 7{,}5 + 1{,}136} \ln\left(\frac{3{,}14 \times 7{,}5}{1{,}136} + 1\right) = \\ = 0{,}499 \ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де λ – теплопровідність ґрунту, приймаємо згідно табл. 5.13;

$$\lambda = 2 \ \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

B' – характерний розмір підлоги, визначаємо за формулою:

$$B' = \frac{A}{0{,}5P} = \frac{240}{0{,}5 \times 64} = 7{,}5 \ \text{м}$$

де A – площа підлоги, м^2;

$$A = 240 \ \text{м}^2$$

P – зовнішній периметр підлоги, м;

$$P = 64 \ \text{м}$$

Еквівалентну товщину підлоги, м, визначаємо за формулою

$$d_g = w + \lambda\left(R_{si} + R_f + R_{se}\right) = 0{,}56 + 2(0{,}17 + 0{,}075 + 0{,}043) = 1{,}136 \ \text{м}$$

w – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;

$$w = 0{,}56 \ м$$

λ – теплопровідність ґрунту, приймаємо згідно табл. 5.13;

$$\lambda = 2 \ \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, приймаємо згідно табл. 5.14, $\text{м}^2 \cdot K/\text{Вт}$;

$$R_{si} = 0{,}17 \ \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

R_f – термічний опір підлоги включаючи всі шари, $\text{м}^2 \cdot K/\text{Вт}$, визначаємо за формулою;

$$R_f = \sum_{i=1}^{n} R_i = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} = \frac{0{,}1}{1{,}86} + \frac{0{,}02}{0{,}93} = 0{,}075 \ \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

де де δ_1, δ_2, – товщина відповідно бетонної підготовки, стяжки з цементно-піщаного розчину, м;

$\delta_1 = 0{,}1\text{м}$, $\delta_2 = 0{,}02\text{м}$

λ_{1p}, λ_{2p} – теплопровідність відповідно бетонної підготовки, стяжки з цементно-піщаного розчину, Вт/(м · К).

$\lambda_{1p} = 1{,}86$ Вт/(м · К); $\lambda_{2p} = 0{,}93$ Вт/(м · К)

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, приймають згідно табл. 5.14, м$^2 \cdot K$/Вт.

$$R_{se} = 0{,}043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

U_x – еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем, обумовлений тепловим потоком через зовнішні стіни та вентиляцію технічного підпілля, Вт/(м^2 · К), визначається за формулою

$$U_x = 2\frac{h \cdot U_w}{B'} + 1450\frac{\varepsilon \cdot V \cdot f_w}{B'} =$$

$$2\frac{1{,}5 \times 0{,}209}{7{,}5} + 1450\frac{0{,}0075 \times 20{,}2 \times 0{,}05}{7{,}5} = 1{,}548 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

де h - висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям, м;

$$h = 1{,}5 \text{ м}$$

U_w – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту, Вт/(м · К), визначаємо за формулою

$$U_w = \frac{1}{R_\Sigma} = \frac{1}{4{,}774} = 0{,}209 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

де R_Σ - опір теплопередачі термічно однорідної зовнішньої стіни визначаємо за формулою

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_з} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}15}{0{,}038} + \frac{0{,}008}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 4{,}774 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

$\delta_1 = 0{,}02$ м, $\delta_2 = 0{,}51$ м, $\delta_3 = 0{,}005$ м, $\delta_4 = 0{,}15$ м, $\delta_5 = 0{,}008$ м

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p}, λ_{5p} – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, Вт/(м · К).

$\lambda_{1p} = 0{,}81$ Вт/(м · К), $\lambda_{2p} = 0{,}81$ Вт/(м · К), $\lambda_{3p} = 0{,}93$ Вт/(м · К), $\lambda_{4p} = 0{,}038$ Вт/(м · К), $\lambda_{5p} = 0{,}93$ Вт/(м · К)

ε – площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору, $м^2/м$

$$\varepsilon = 0{,}0075 \text{ } м^2/м$$

V – середня швидкість вітру, $м/с$, визначають згідно з [6], як середня швидкість вітру за переважним напрямом в січні

$$V = 20{,}2 \text{ } м/с$$

f_w – ступінь вітрозахисту, що визначається згідно з табл. 5.15

$$f_w = 0{,}05$$

5.14.11 Розрахунок коефіцієнта теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом

Вихідні данні прийняті з задачі (п. 5.14.8).

Висота стін, що контактують з ґрунтом (стіни, що знаходяться нижче планувальної відмітки землі) 1,5 м.

Конструкція стіни підвалу, що контактує з ґрунтом наведена на рис. 5.31.

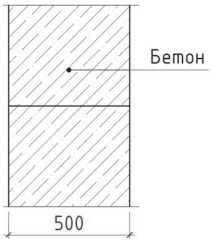


Рис. 5.31 Конструкція стіни підвалу, що контактує з ґрунтом

Конструкція підлоги підвалу наведена на рис. 5.32.

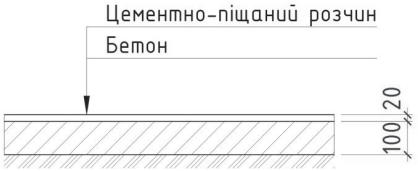


Рис. 5.32 Конструкція підлоги по ґрунту

Розрахункова схема для визначення опору теплопередачі зображена на рис. 5.33.

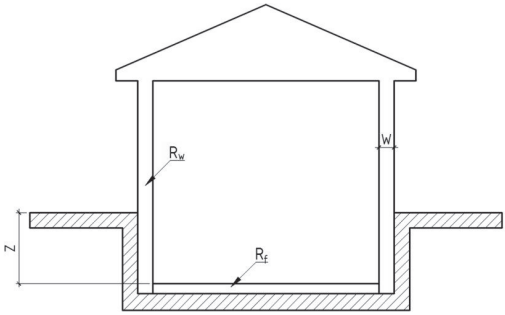


Рис. 5.33 Розрахункова схема

Коефіцієнт теплопередачі стіни, що контактує з ґрунтом, U_{bw}, Вт/(м^2·K), визначається за формулою:

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z}\left(1 + \frac{0{,}5d_t}{d_t + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$$

де λ – теплопровідність ґрунту, приймають згідно з таблицею 5.13, Вт/(м · К).

$$\lambda = 2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

z – висота стін, що контактують з ґрунтом (стіни, що знаходяться нижче планувальної відмітки землі), м.

$$z = 1{,}5 \text{ м}$$

d_t – еквівалентна товщина підлоги, яку розраховують за формулою:

$$d_t = w + \lambda\left(R_{si} + R_f + R_{se}\right) = 0{,}56 + 2(0{,}17 + 0{,}075 + 0{,}043) = 1{,}136 \text{ м}$$

де w – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;

$$w = 0{,}56 \text{ м}$$

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, приймаємо згідно табл. 5.14, м^2 · K/Вт;

$$R_{si} = 0{,}17 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$$

R_f – термічний опір підлоги включаючи всі шари, м^2 · K/Вт, визначаємо за формулою;

$$R_f = \sum_{i=1}^{n} R_i = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} = \frac{0{,}1}{1{,}86} + \frac{0{,}02}{0{,}93} = 0{,}075 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де де δ_1, δ_2, – товщина відповідно бетонної підготовки, стяжки з цементно-піщаного розчину, м;

$\delta_1 = 0{,}1$м, $\delta_2 = 0{,}02$м

λ_{1p}, λ_{2p} – теплопровідність відповідно бетонної підготовки, стяжки з цементно-піщаного розчину, Вт/(м · К).

$\lambda_{1p} = 1{,}86$ Вт/(м · К); $\lambda_{2p} = 0{,}93$ Вт/(м · К)

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, приймають згідно табл. 5.14, $м^2 \cdot К/Вт$.

$$R_{se} = 0{,}043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

d_w – еквівалентна сумарна товщина стін, що контактують з ґрунтом, розраховують за формулою:

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}) = 2(0{,}115 + 0{,}269 + 0{,}043) = 0{,}854 \text{ м}$$

R_w – термічний опір стін, що контактують з ґрунтом, включаючи всі шари, $м^2 \cdot К/Вт$.

$$R_w = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} = \frac{0{,}5}{1{,}86} = 0{,}268 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як $d_w = 0{,}854$ м $< d_t = 1{,}146$ м, тоді d_t у формулі з визначення U_{bw} замінюють на d_w і вона набуває наступного вигляду

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z}\left(1 + \frac{0{,}5d_w}{d_w + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right) =$$

$$= \frac{2 \times 2}{3{,}14 \times 1{,}5}\left(1 + \frac{0{,}5 \times 0{,}854}{0{,}854 + 1{,}5}\right)\ln\left(\frac{1{,}5}{0{,}854} + 1\right) = 1{,}017 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

5.14.12 Розрахунок стаціонарного узагальненого коефіцієнта теплопередачі трансмісією до ґрунту (при відсутності підвалу)

Вихідні данні прийняті з задачі (п. 5.14.8).

Конструкція підлоги по ґрунту наведена на рис. 5.34.

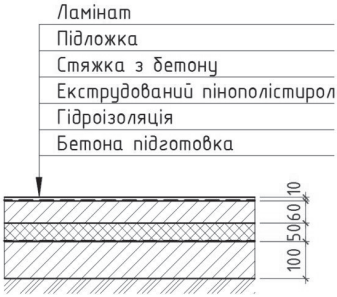


Рис. 5.34 Конструкція підлоги по ґрунту

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту H_g, Вт/К, визначаємо за формулою:

$$H_g = AU + P\psi_g = 240 \times 0{,}28 + 64 \times 0{,}52 = 100{,}48 \text{ Вт/К}$$

де A – площа підлоги, м^2;

$$A = 240 \text{ м}^2$$

де U - коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту, Вт/(м^2·K).

Для визначення формули за якою розраховується величина U попередньо визначаємо величини d_t та B'.

d_t – еквівалентна товщина підлоги, яку розраховуємо за формулою:

$$d_t = w + \lambda\left(R_{si} + R_f + R_{se}\right) = 0{,}56 + 2(0{,}17 + 1{,}537 + 0{,}043) = 4{,}06 \text{ м}$$

де w – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;

$$w = 0{,}56 \text{ м}$$

λ – теплопровідність ґрунту, приймаємо згідно табл. 5.13;

$$\lambda = 2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, приймаємо згідно табл. 5.14, м$^2 \cdot K$/Вт;

$$R_{si} = 0{,}17 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$$

R_f – термічний опір підлоги включаючи всі шари, м$^2 \cdot K$/Вт, визначаємо за формулою;

$$R_f = \sum_{i=1}^{n} R_i = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} =$$

$$= \frac{0{,}1}{1{,}86} + \frac{0{,}05}{0{,}037} + \frac{0{,}06}{1{,}86} + \frac{0{,}01}{0{,}1} = 1{,}537 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 – товщина відповідно бетонної підготовки, екструдованого пінополістиролу, стяжки з бетону, ламінату, м;

$\delta_1 = 0{,}1$м, $\delta_2 = 0{,}05$м, $\delta_3 = 0{,}06$м, $\delta_4 = 0{,}01$м

Товщину гідроізоляції та підложки не враховуємо.

λ_{1p}, λ_{2p}, λ_{3p}, λ_{4p}, – теплопровідність відповідно бетонної підготовки, екструдованого пінополістиролу, стяжки з бетону, ламінату, Вт/(м · К).

$\lambda_{1p} = 1{,}86$ Вт/(м · К); $\lambda_{2p} = 0{,}037$ Вт/(м · К); $\lambda_{3p} = 1{,}86$ Вт/(м · К); $\lambda_{4p} = 0{,}1$ Вт/(м · К)

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, приймають згідно табл. 5.14, м$^2 \cdot K$/Вт.

$$R_{se} = 0{,}043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

B' – характерний розмір підлоги, визначаємо за формулою:

$$B' = \frac{A}{0{,}5P} = \frac{240}{0{,}5 \times 64} = 7{,}5 \text{ м}$$

де A – площа підлоги, м^2;

$$A = 240 \text{ м}^2$$

P – зовнішній периметр підлоги, м;

$$P = 64 \text{ м}$$

Так як $d_t = 4{,}06$ м $< B' = 7{,}5$ м (не ізольована або середньо ізольована підлога) тоді коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U визначаємо за формулою

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right) =$$

$$= \frac{2 \times 2}{3{,}14 \times 7{,}5 + 4{,}06} \ln\left(\frac{3{,}14 \times 7{,}5}{4{,}06} + 1\right) = 0{,}28 \text{ Вт/(м}^2 \cdot K)$$

$\psi_{g,}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції підлоги по ґрунту із зовнішньою стіною, Вт/(м·К); визначають за результатами розрахунків згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2 або за даними згідно з табл. Г.1 [18].

$$\psi_g = 0{,}88 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Згідно п. 8.2.2.5.3 [31] у випадку, якщо теплопровідне включення розташоване на межі двох зон (у цьому випадку між підлогою та стіною), то до кожної зони відносять половину значення лінійного коефіцієнта теплопередачі даного теплопровідного включення. Тому:

$$\psi_g = \frac{1{,}04}{2} = 0{,}52 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

5.14.13 Розрахунок стаціонарного узагальненого коефіцієнта теплопередачі трансмісією до ґрунту в опалювальному підвалі (цокольний поверх)

Вихідні данні прийняті з задачі (п. 5.14.8).

Конструкція підлоги по ґрунту наведена на рис. 5.35.

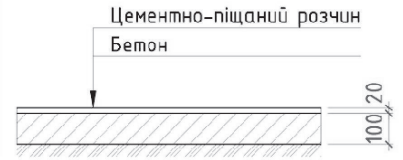


Рис. 5.35 Конструкція підлоги по ґрунту

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту H_g, Вт/К, визначаємо за формулою:

$$H_g = A \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw} + P \cdot \psi_g = 240 \times 0{,}409 + 1{,}5 \times 64 \times 0{,}525 = \\ = 148{,}56 \text{ Вт/К}$$

де A – площа підлоги, м^2;

$$A = 240 \text{ м}^2$$

P – зовнішній периметр підлоги, м;

$$P = 64 \text{ м}$$

z – висота стін, що контактують з ґрунтом, м.

$$z = 1{,}5 \text{ м}$$

U_{bf} - коефіцієнт теплопередачі підлоги цокольного поверху по ґрунту, Вт/(м^2 · К).

Для визначення формули за якою розраховується величина U_{bf} попередньо визначаємо величини d_t та B'.

де d_t – еквівалентна товщина підлоги, яку розраховуємо за формулою:

$$d_t = w + \lambda\left(R_{si} + R_f + R_{se}\right) = 0{,}56 + 2(0{,}17 + 0{,}075 + 0{,}043) = 1{,}136 \text{ м}$$

де w – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;

$$w = 0{,}56 \text{ м}$$

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, приймаємо згідно табл. 5.14, м$^2 \cdot K$/Вт;

$$R_{si} = 0{,}17 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$$

R_f – термічний опір підлоги включаючи всі шари, м$^2 \cdot K$/Вт, визначаємо за формулою;

$$R_f = \sum_{i=1}^{n} R_i = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} = \frac{0{,}1}{1{,}86} + \frac{0{,}02}{0{,}93} = 0{,}075 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де де δ_1, δ_2, – товщина відповідно бетонної підготовки, стяжки з цементно-піщаного розчину, м;

$\delta_1 = 0{,}1$м, $\delta_2 = 0{,}02$м

λ_{1p}, λ_{2p} – теплопровідність відповідно бетонної підготовки, стяжки з цементно-піщаного розчину, Вт/(м · К).

$\lambda_{1p} = 1{,}86$ Вт/(м · К); $\lambda_{2p} = 0{,}93$ Вт/(м · К)

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, приймають згідно табл. 5.14, м$^2 \cdot K$/Вт.

$$R_{se} = 0{,}043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

B' – характерний розмір підлоги, визначаємо за формулою:

$$B' = \frac{A}{0{,}5P} = \frac{240}{0{,}5 \times 64} = 7{,}5 \text{ м}$$

де A – площа підлоги, м^2;

$$A = 240 \text{ м}^2$$

P – зовнішній периметр підлоги, м;

$$P = 64 \text{ м}$$

Так як $d_t + 0{,}5z = 1{,}136 + 0{,}5 \times 1{,}5 = 1{,}886 \text{ м} < B' = 7{,}5 \text{ м}$ (неізольована та посередньо ізольована підлога) тоді коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U_{bf} визначаємо за формулою

$$U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0{,}5z} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + 0{,}5z} + 1\right) =$$

$$= \frac{2 \times 2}{3{,}14 \times 7{,}5 + 1{,}136 + 0{,}5 \times 1{,}5} \ln\left(\frac{3{,}14 \times 7{,}5}{1{,}136 + 0{,}5 \times 1{,}5} + 1\right) = 0{,}409 \text{ т}$$

$$/(\text{м}^2 \cdot K)$$

U_{bw} - коефіцієнт теплопередачі стіни, що контактує з ґрунтом, Вт$/(\text{м}^2 \cdot K)$, визначаємо за формулою:

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z}\left(1 + \frac{0{,}5d_t}{d_t + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$$

де d_w – еквівалентна сумарна товщина стін, що контактують з ґрунтом, розраховують за формулою:

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}) = 2(0{,}115 + 0{,}269 + 0{,}043) = 0{,}854 \text{ м}$$

R_w – термічний опір стін, що контактують з ґрунтом, включаючи всі шари, м$^2 \cdot K/$Вт.

$$R_w = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} = \frac{0{,}5}{1{,}86} = 0{,}268 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як $d_w = 0{,}854 \text{ м} < d_t = 1{,}136 \text{ м}$, тоді d_t у формулі з визначення U_{bw} замінюють на d_w і вона набуває наступного вигляду

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z}\left(1 + \frac{0{,}5d_w}{d_w + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right) =$$

$$= \frac{2 \times 2}{3{,}14 \times 1{,}5}\left(1 + \frac{0{,}5 \times 0{,}854}{0{,}854 + 1{,}5}\right)\ln\left(\frac{1{,}5}{0{,}854} + 1\right) = 1{,}017 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$\psi_{g,}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції підлоги по ґрунту із зовнішньою стіною, Вт/(м·К); визначають за результатами розрахунків згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2 або за даними згідно з табл. Г.1 [18].

$$\psi_g = 1{,}05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Згідно п. 8.2.2.5.3 [31] у випадку, якщо теплопровідне включення розташоване на межі двох зон (у цьому випадку між підлогою та стіною), то до кожної зони відносять половину значення лінійного коефіцієнта теплопередачі даного теплопровідного включення. Тому:

$$\psi_g = \frac{1{,}05}{2} = 0{,}525 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

5.14.14 Розрахунок різниці між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції

Вихідні данні:

1. Місто будівництва – Полтава;
2. Об’єкт – школа;
3. Огороджувальна конструкція – суміщене покриття.

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 5.36

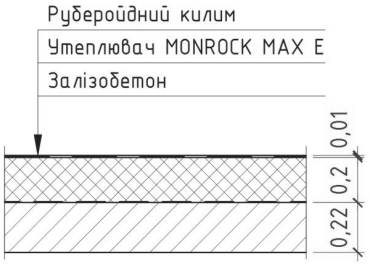


Рис. 5.36 Конструкція суміщеного покриття

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря – $t_в = 21°C$

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря – $\varphi_в = 50\%$

За таблицею 5.6 визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За таблицею 5.9 визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальній конструкції – Б;

Теплопровідність шарів огороджувальної конструкції приймаємо за табл. А.1 [18].

Товщина та теплопровідність шарів огороджувальної конструкції наведена у табл. 5.17.

Нумерація шарів від внутрішньої поверхні огородження.

Таблиця 5.19

Характеристика шарів огороджувальної конструкції

№	Найменування	Товщина, м, по ділянці	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Залізобетон	0,22	2,04
2	Утеплювач MONROCK MAX E	0,2	0,038
3	Руберойдний килим	0,01	0,17

За рис. 5.3 Полтава знаходиться у І-й температурній зоні.

Розрахункове значення температури зовнішнього повітря визначаємо за табл. 5.11 - $t_з = -22℃$

Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), приймаємо згідно табл. 5.8

$\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м^2 · К); $\alpha_з = 23$ Вт/(м^2 · К)

Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні суміщеного покриття визначаємо за формулою

$$\Delta t_{пр} = t_в - \tau_{в\,пр} = 21 - 19{,}7 = 1{,}3\ ℃$$

де $\tau_{в\,пр}$ – приведена температура внутрішньої поверхні, ℃, горищного покриття визначаємо на основі розрахунку температурного поля.

Частина суміщеного покриття прийнятого для розрахунку температурного поля наведена на рис. 5.37.

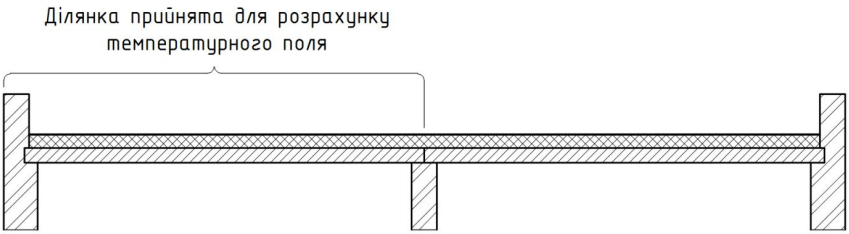


Рис. 5.37 Ділянка прийнята для розрахунку температурного поля

Розміри ділянки прийнятої для розрахунку температурного поля наведені на рис. 5.38.

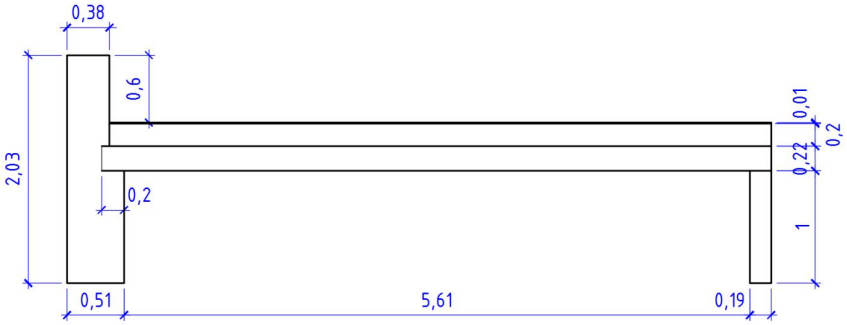


Рис. 5.38 Розміри ділянки прийнятої для розрахунку температурного поля

Температурне поле ділянки наведено на рис. 5.39.

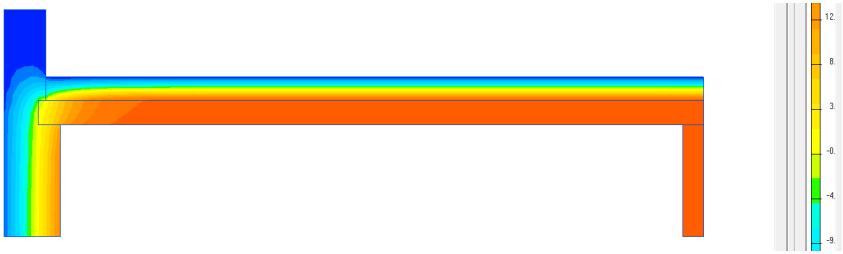


Рис. 5.39 Розміри ділянки прийнятої для розрахунку температурного поля

За результатами розрахунку температурного поля $\tau_{\text{в пр}} = 19{,}7$ °С.

5.14.15 Визначення мінімальної температури на внутрішній поверхні огороджувальної конструкції

Вихідні данні:
1. Місто будівництва – Полтава;
2. Об'єкт – школа;
3. Огороджувальна конструкція – зовнішня стіна.

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 5.40.

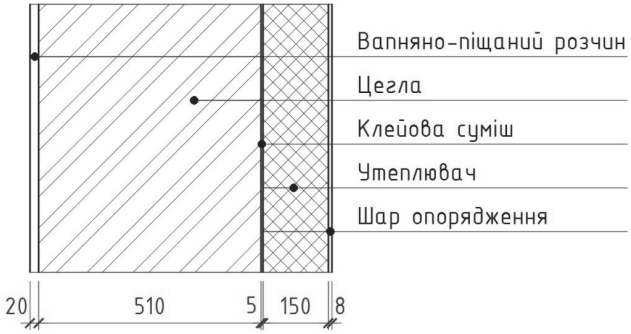


Рис. 5.40 Конструкція суміщеного покриття

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря – $t_в = 21℃$

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря – $\varphi_в = 50\%$

За таблицею 5.6 визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За таблицею 5.9 визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальній конструкції – Б;

Теплопровідність шарів огороджувальної конструкції приймаємо за табл. А.1 [18].

Товщина та теплопровідність шарів огороджувальної конструкції наведена у табл. 5.17.

Нумерація шарів від внутрішньої поверхні огородження.

Таблиця 5.19

Характеристика шарів огороджувальної конструкції

№	Найменування	Товщина, м, по ділянці	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Вапняно-піщаний розчин	0,02	0,81
2	Цегла	0,51	0,81
3	Клейова суміш	0,005	0,93
4	Утеплювач	0,15	0,038
5	Шар опорядження	0,008	0,93

За рис. 5.3 Полтава знаходиться у І-й температурній зоні.

Розрахункове значення температури зовнішнього повітря визначаємо за табл. 5.11 - $t_з = -22℃$

Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), приймаємо згідно табл. 5.8.

$\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м^2 · К); $\alpha_з = 23$ Вт/(м^2 · К)

Мінімальну температуру на внутрішній поверхні стіни визначаємо за розрахунком температурного поля.

На рис. 5.41 показано розташування розрахункової ділянки для розрахунку температурного поля.

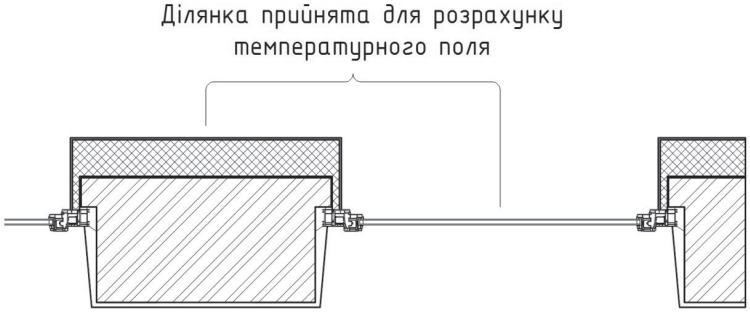


Рис. 5.41 Ділянка прийнята для розрахунку температурного поля

Розміри ділянки прийнятої для розрахунку температурного поля наведені на рис. 5.42.

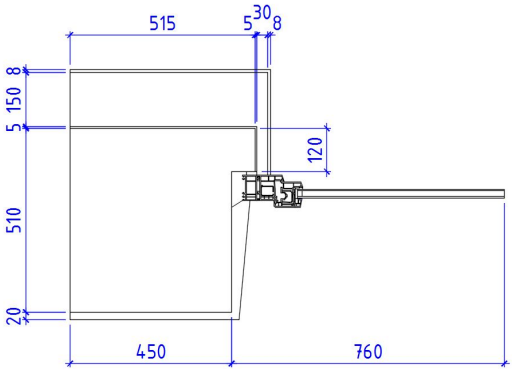


Рис. 5.42 Розміри ділянки прийнятої для розрахунку температурного поля

Температурне поле ділянки наведено на рис. 5.43.

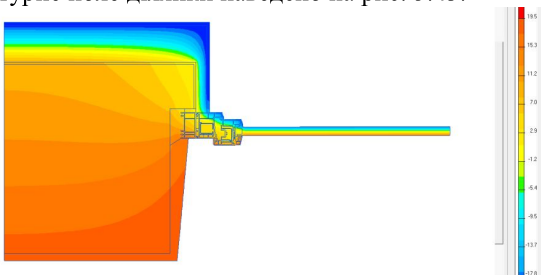


Рис. 5.43 Розміри ділянки прийнятої для розрахунку температурного поля

Графік розподілу температури по внутрішній поверхні стіни наведено на рис. 5.44.

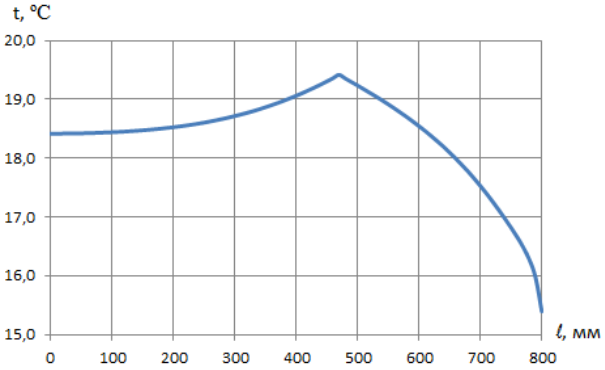


Рис. 5.44 Графік розподілу температури по внутрішній поверхні стіни

Як видно з графіка мінімальна температура внутрішньої поверхні стіни (місце з'єднання укосу з рамою вікна) становить $\tau_{в.min} = 15{,}3$ °С.

Питання для самоперевірки

1. Фізико-технічні показники якості теплоізоляційних матеріалів.
2. Вплив повітряних прошарків на теплозахисні властивості зовнішніх огороджувальних конструкцій.
3. Нормування опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій.
4. Температурні зони за кількістю градусо-діб опалювального періоду.
5. Алгоритм теплотехнічного розрахунку зовнішніх огороджувальних конструкцій.
6. Розрахунок температурного поля програмою ELCUT.
7. Основні експлуатаційні показники вікон.
8. Приведений опір теплопередачі світлопрозорих огороджувальних конструкцій.
9. Визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі світлопрозорих конструкцій.

6 ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬ

6.1 Основні положення проведення енергетичної сертифікації будівель

З метою імплементування положень Директиви про енергетичну ефективність будівель № 2010/31/ЄС Мінрегіоном розроблено проект Закону України «Про енергетичну ефективність будівель».

22 червня 2017 року Верховна Рада України ухвалила у другому читанні та в цілому законопроект №4941-д «Про енергетичну ефективність будівель».

Сертифікація енергетичної ефективності - вид енергетичного аудиту, під час якого здійснюється аналіз інформації щодо фактичних або проектних характеристик огороджувальних конструкцій та інженерних систем, оцінюється відповідність розрахункового рівня енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель та надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, що враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими.

Сертифікація енергетичної ефективності є обов'язковою для:

1) об'єктів будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту), що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками, що визначаються відповідно до Закону України "Про регулювання містобудівної діяльності";

2) будівель державної власності з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, які часто відвідують громадяни і у всіх приміщеннях яких розташовані органи державної влади;

3) будівель з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, у всіх приміщеннях яких розташовані органи місцевого самоврядування (у разі здійснення ними термомодернізації таких будівель);

4) будівель, в яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка та яка має наслідком досягнення класу енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі.

Сертифікація енергетичної ефективності об'єктів будівництва здійснюється на замовлення та за рахунок замовника.

У разі укладення договорів купівлі-продажу, найму (оренди) будівлі, житлового або нежитлового приміщення будівлі продавець або наймодавець (орендодавець) на вимогу потенційного покупця або наймача (орендаря) має надати інформацію про енергетичний сертифікат будівлі (у разі якщо сертифікація енергетичної ефективності є обов'язковою та/або проведеною) або повідомити про відсутність такого сертифіката.

Сертифікація енергетичної ефективності будівель, що не підлягають обов'язковій сертифікації, здійснюється за рішенням власника (співвласників).

У разі якщо термомодернізація здійснюється за рахунок коштів державної підтримки шляхом реконструкції або капітального ремонту, сертифікація енергетичної ефективності будівлі здійснюється під час розроблення проектної документації на будівництво.

Сертифікація енергетичної ефективності здійснюється енергоаудитором, який є незалежним, не має конфлікту інтересів та прямо чи опосередковано не заінтересований у результаті сертифікації.

За результатами сертифікації енергетичної ефективності складається енергетичний сертифікат.

Енергетичний сертифікат – електронний документ встановленої форми, в якому зазначено показники та клас енергетичної ефективності будівлі, наведено сформовані у встановленому законодавством порядку рекомендації щодо його підвищення, а також інші відомості щодо будівлі, її відокремлених частин, енергетичну ефективність яких сертифіковано.

Витяг з енергетичного сертифіката будівлі, що містить інформацію про клас та інші показники енергетичної ефективності будівлі, розміщується у доступному для ознайомлення громадян місці у будівлі, яку часто відвідують громадяни та сертифікація енергетичної ефективності якої є обов'язковою відповідно до Закону «Про енергетичну ефективність будівель». Енергетичні сертифікати бюджетних установ розміщуються також на їх офіційних веб-сайтах (за наявності сайту)

Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності, форма енергетичного сертифіката затверджуються центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері будівництва.

6.2 Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності

У порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності встановлюються вимоги до процедури збору та обробки інформації про фактичні або проектні характеристики огороджувальних конструкцій та інженерних систем, оцінку відповідності розрахункового рівня енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності та розроблення рекомендацій щодо підвищення рівня енергетичної ефективності.

Інформація, яка необхідна для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель, встановлюється на підставі проектної документації на будівлю згідно з вимогами ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво». У випадку відсутності проектної

документації відповідні дані визначаються за результатами виявлення фактичного стану будівлі.

Інформацією, необхідною для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель, є:

1) місцеві кліматичні умови;

2) функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі (характеристики стінових огороджувальних конструкцій, конструкцій покриття, конструкцій перекриття, світлопрозорих огороджувальних конструкції, зовнішніх дверей);

3) геометричні параметри будівлі та визначені фактичні значення (загальна площа і площа за сторонами світу відповідних зовнішніх огороджувальних конструкцій будинку, їх товщина, кондиціонована (опалювана) площа, кондиціонований (опалюваний) об'єм, об'єм, призначений для вентиляції, середня висота приміщення);

4) нормативні санітарні та мікрокліматичні умови приміщень будівлі;

5) наявність приміщень з різним функціональним призначенням у складі будівлі, фактичні значення кондиціонованої площі, кондиціонованого об'єму та об'єму для вентиляції таких приміщень;

6) конструктивні особливості та геометричні параметри світлопрозорих огороджувальних конструкцій, матеріал плетіння, тип скління, наявність сонцезахисних пристроїв, значення розрахункової теплопровідності;

7) показники приведеного опору теплопередачі непрозорих та світлопрозорих огороджувальних конструкцій;

8) розрахункове значення усередненої за часом витрати повітря для будівлі або її кондиціонованих зон;

9) внутрішні теплонадходження;

10) сонячні теплонадходження;

11) дані щодо інженерних систем будівлі:

– інформація про встановлені в будівлі засоби обліку споживання теплової та електричної енергії, використання газу або інших джерел енергії;

– інформація щодо використання відновлюваних джерел енергії чи способів рекуперації тепла, пасивних сонячних систем та систем захисту від сонця або застосування когенерації з установленням характеристик та об'ємів застосування і показників корисної дії;

12) для систем опалення:

– вид системи опалення (гідравлічна, електрична, повітряна);

– гідравлічне налагодження системи (двотрубна, однотрубна, однотрубна з постійним гідравлічним режимом, однотрубна із змінним гідравлічним режимом);

– тип регулювання температури повітря приміщення, температурний напір;

– специфічні тепловтрати через зовнішні огородження, специфічні тепловтрати через прилеглі до опалювальних панелей поверхні;

– тип системи опалення (підлогова, стінова, стельова);

– електроопалення (пряме, акумуляційне, акумуляційне з регулюванням) конфігурація повітряного опалення;

– технічні параметри системи розподілення (ізоляція трубопроводів, запірно-регулювальна арматура, тип регулювання та рівень регулювання насоса);

– параметри генерації та вид енергоносія (природний газ, мазут, вугілля, дерев'яні пелети, дерев'яна щепа);

13) для систем охолодження:

– тип вентилятора;

– тип компресора;

– холодоагент;

– наявність системи попереднього охолодження;

– наявність доводчиків;

– клас системи управління;

14) для систем постачання гарячої води:

– тип системи (без циркуляційного контуру, зі статично збалансованими циркуляційними стояками, з автоматично збалансованими за температурою води циркуляційними стояками);

– технічні параметри розподілення (кількість секцій, довжина трубопроводу, лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводів, середня температура гарячої води у секції трубопроводу);

– місячний або річний період користування, кількість робочих циклів на день, період циркуляції, водорозбір;

15) для систем вентиляції:

– вид механічної вентиляції (збалансована, децентралізована, інша);

– питома потужність вентиляторів;

– наявність систем осушення, зволоження повітря, нічного охолодження, рекуперації тепла;

16) для систем освітлення:

– кількість ламп, їх тип та потужність;

– питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі;

17) нормативний строк експлуатації огороджувальних конструкцій та елементів;

18) енергетичний баланс будівлі.

Визначення інформації, необхідної для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель, та проведення її аналізу:

– дані щодо площі зовнішніх огороджувальних конструкцій визначаються за внутрішніми розмірами відповідно до наявної проектної

документації. У разі її відсутності площа зовнішніх огороджувальних конструкцій визначається за обмірами будинку;

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

– площа горизонтальних зовнішніх огороджувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекриття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін). У разі похилих поверхонь стелі останнього поверху площа покриття, горищного перекриття визначається як площа внутрішньої поверхні стелі;

– дані щодо опалюваної площі визначаються відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності опалювана площа визначається як площа поверхів (у тому числі мансардного, опалюваного цокольного й підвального) будинку, яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають перегородки й внутрішні стіни. В опалювану площу включаються опалювані сходові клітки, ліфтові та інші шахти з урахуванням їх площі на рівні кожного поверху. В опалювану площу будинку не включаються площі теплих горищ і техпідпілля, неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд, сходових клітин, а також холодного горища або його частини, не зайнятої під мансарду. При визначенні площі мансардного приміщення житлового будинку враховують площу цього приміщення з висотою похилої стелі не менше 1,5 м при нахилі 30 град. до горизонту; 1,1 м при 45 град.; 0,5 м при 60 град. і більше. Площу приміщення з меншою висотою враховують у загальній площі з коефіцієнтом 0,7;

– дані щодо опалюваного об'єму визначаються відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності опалюваний об'єм визначається як добуток опалюваної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху. У разі складних форм внутрішнього об'єму будинку опалюваний об'єм визначається як об'єм простору, що обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огороджувальних конструкцій (стін, покриття або горищного перекриття, цокольного перекриття). Для підземних автостоянок опалюваний об'єм обмежується перекриттям над автостоянкою;

– при визначенні параметрів складових елементів огороджувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будівлі для термічно однорідних огороджувальних конструкцій і термічно неоднорідних огороджувальних конструкцій визначають кількість шарів матеріалу, у тому числі його тип, модифікацію, густину та вологість;

– вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальних конструкціях визначаються відповідно до додатка В ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель»;

– показники приведеного опору теплопередачі огороджувальних конструкцій визначаються відповідно до розділу 5 ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків» для непрозорих огороджувальних конструкцій та відповідно до вимог розділів 5, 6, додатків A, B, C, D, E, F, G ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 «Теплотехнічні властивості вікон, дверей і жалюзі. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальні умови» – для світлопрозорих огороджувальних конструкцій;

– для віконних конструкцій будівель, які мають коефіцієнт скління фасаду не більше 0,2 і при цьому відносна кількість змінених у процесі експлуатації будівлі віконних конструкцій не перевищує 50 %, приведений опір теплопередачі може прийматися однаковим для всіх віконних конструкцій;

– при визначенні розрахункового значення усередненої за часом витрати повітря для будівлі або її кондиціонованих зон за відсутності проектних даних у необхідному обсязі значення усередненої за часом витрати повітря встановлюються за нормативними вимогами до кратності повітрообміну, що діяли на час їх проектування, або розраховуються згідно з пунктами 5.6 та 5.7 розділу 5 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції»;

– внутрішні теплонадходження будівлі визначаються згідно з розділом 10 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, освітленні та гарячому водопостачанні»;

– сонячні теплонадходження будівлі визначаються згідно з розділом 11 ДСТУ Б А.2.2-12;

– місцеві кліматичні умови визначаються згідно з розділами 5, 6 та 9 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія», додатком А ДСТУ Б А.2.2-12;

– нормативні санітарні та мікрокліматичні умови приміщень будівлі визначаються відповідно до вимог нормативних актів залежно від функціонального призначення будівлі. Допускається визначати розрахункові показники мікроклімату та критерії локального теплового

комфорту згідно з розділами 5-7 та додатками А, В, F, G ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT)», розділами 5-8 та додатком А ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Енергоефективність будинків. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження» (EN ISO 13790:2008, IDT), розділом 13 ДСТУ Б А.2.2-12;

– нормативний строк експлуатації огороджувальних конструкцій та елементів встановлюється відповідно до вимог підрозділу 4.19 розділу 4 ДБН В.2.6-31, підрозділу 6.10 розділу 6 ДБН В.2.6-33:2008 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації» та пункту 4.6 розділу 4 ДСТУ Б В.2.6-189. Нормативний строк експлуатації інженерних систем встановлюється відповідно до технічної документації залежно від їх виду та типу;

– енергетичний баланс будівлі складається відповідно до підрозділу 5.1 розділу 5 ДСТУ Б А.2.2-12;

– функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі визначають згідно з проектною документацію чи документацією, складеною за результатами технічної інвентаризації, або паспортом об'єкта, який складається відповідно до вимог Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 квітня 2017 року № 257;

– при складанні енергетичного балансу будівлі використовуються геометричні, теплотехнічні дані огороджувальних конструкцій та їх елементів з урахуванням розташування та орієнтації огороджувальних конструкцій, енергетичні характеристики інженерних систем, що визначені відповідно до проектної документації чи паспорта об'єкта або при з'ясуванні фактичного стану будівлі;

– використання відновлюваних джерел енергії, пасивних сонячних систем та систем захисту від сонця, а також енергії, виробленої шляхом когенерації, їх вплив на показники енергоефективності будівель враховуються згідно з розділами 14-15 ДСТУ Б А.2.2-12, розділами 11-14 та додатком Е ДСТУ Б EN ISO 13790, додатком G ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки» (EN 15603:2008, IDT).

Отримані результати розрахунку показників енергетичної ефективності будівель, показників теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій, показників енергетичної ефективності інженерних систем порівнюють з мінімальними вимогами до енергетичної ефективності будівель відповідно до статті 6 Закону України «Про

енергетичну ефективність будівель», вимогами ДБН В.2.6-31, ДБН В.2.6-33 до теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій та вимогами до енергетичної ефективності інженерних систем (у тому числі обладнання) будівель. За результатами порівняння пропонуються рекомендації з підвищення енергоефективності будівлі, що наводяться в енергетичному сертифікаті будівлі, для забезпечення дотримання мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель.

Забезпечення вищого класу енергоефективності розглядається у рекомендаціях з підвищення енергоефективності будівлі за згоди замовника сертифікації.

Рекомендації розробляються на підставі визначеної структури енерговитрат будівлі і залежно від значень складових встановлюються пріоритетні заходи із скорочення таких енерговитрат.

Обсяг та перелік енергозберігаючих заходів визначаються на підставі виду енергії, яку використовують інженерні системи будівлі, що є комбінацією всіх доставлених енергоносіїв та відновлюваної енергії, що виробляється на території будівлі.

Рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель повинні враховувати місцеві кліматичні умови та бути технічно й економічно обґрунтованими.

Рекомендації щодо енергозбереження складаються за вартістю заходів:

1) безвитратні заходи: закупівля палива з більш дешевого джерела; ощадливе використання наявних ресурсів, зокрема корекція заданої температури та графіків у системі автоматичного контролю за вимкненням освітлення та зачиненням дверей;

2) низьковитратні заходи: навчання персоналу або поліпшення процедур експлуатації та обслуговування; контроль та оперативне планування; модернізація або доповнення системи автоматичного контролю;

3) високовитратні заходи: заміна або модернізація більшості енергетичних установок та інженерних систем; встановлення комплексних систем керування; утилізація теплової енергії; утеплення огороджувальних конструкцій; впровадження джерел відновлюваної енергії або встановлення когенераційних чи тригенераційних установок.

Опис рекомендацій з енергозбереження здійснюється відповідно до таких характеристик:

1) стислий опис існуючої ситуації: опис наявних проблем, які будуть розв’язані після виконання запропонованого заходу;

2) опис заходів: технічні параметри та опис запропонованих заходів (характеристика нового обладнання/матеріалів, основні та додаткові роботи, що необхідно виконати);

3) очікувана економія енергії та витрат на оплату житлово-комунальних послуги, підвищення ефективності використання енергії;

4) фінансові витрати: проектування та планування; матеріали, обладнання та монтаж, витрати на техобслуговування; аналіз ефективності витрат.

Усі заходи з енергозбереження розглядаються в комплексі та встановлюється їх вплив один на одного.

Більш детальні відомості, зазначені в енергетичному сертифікаті, включаючи інформацію про економічну ефективність викладених у ньому рекомендацій щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель та/або їх відокремлених частин, включаються до рекомендацій. Рекомендації містять інформацію про економічну ефективність викладених у них рекомендацій щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності та інші відомості згідно з умовами договору сертифікації енергетичної ефективності.

6.3 Енергетичний сертифікат

В енергетичному сертифікаті зазначаються:

1) адреса (місцезнаходження) будівлі;

2) клас енергетичної ефективності будівлі, визначений відповідно до методики, передбаченої частиною першою статті 5 Закону «Про енергетичну ефективність будівель», із зазначенням року відповідності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності;

3) відомості про функціональне призначення та конструкцію будівлі, кількість поверхів, об’єм та загальну площу;

4) мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівлі;

5) фактичні або проектні характеристики огороджувальних конструкцій та інженерних систем будівлі;

6) фактичне питоме енергоспоживання будівлі (крім об’єктів нового будівництва);

7) рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівлі (крім об’єктів будівництва) в економічно доцільний спосіб, які враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими та в яких зазначаються заходи, які необхідно здійснити для реалізації таких рекомендацій;

8) серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора, який склав енергетичний сертифікат;

9) інформація про рівень викидів парникових газів;

10) інформація про можливість отримання більш детальних відомостей, зазначених у сертифікаті, включаючи інформацію про економічну ефективність викладених у такому сертифікаті рекомендацій

щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель та/або їх відокремлених частин.

Енергетичний сертифікат щодо об'єкта будівництва є складовою частиною проектної документації на будівництво. У матеріалах проектної документації зберігається роздрукована копія енергетичного сертифіката будівлі, засвідчена особою, яка склала такий сертифікат.

Енергетичний сертифікат будівлі є складовою частиною будівельного паспорта об'єкта будівництва, передбаченого законодавством. Строк дії енергетичного сертифіката будівлі становить десять років.

Енергетичний сертифікат будівлі вважається таким, що втратив чинність до закінчення встановленого строку дії, у разі складення для такої будівлі нового енергетичного сертифіката.

З метою систематизації даних про енергетичну ефективність будівель та моніторингу за дотриманням законодавства у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель створюється база даних енергетичних сертифікатів (далі - база даних сертифікатів), яка формується та ведеться центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сферах ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів, енергозбереження, відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива, та оприлюднюється на офіційному веб-сайті зазначеного органу. Енергетичний сертифікат та вихідні дані, що використовувалися під час його складання, передаються енергоаудиторами в електронній формі для внесення до бази даних сертифікатів протягом десяти робочих днів з дня їх складення. Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сферах ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів, енергозбереження, відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива, вносить дані енергетичних сертифікатів до бази даних сертифікатів протягом п'яти робочих днів з дня їх надходження від енергоаудиторів. Доступ до бази даних сертифікатів є безоплатним.

Порядок ведення бази даних сертифікатів визначається центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сферах ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів, енергозбереження, відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива.

6.4 Форма та зміст енергетичного сертифіката будівлі

Енергетичний сертифікат будівлі складається в електронній формі.

В енергетичному сертифікаті зазначається така інформація:

1) адреса (місцезнаходження) будівлі – область або Автономна Республіка Крим, район області або Автономної Республіки Крим, тип та

назва населеного пункту, тип та назва елемента вулично-дорожньої мережі, номер будівлі. Для будівель, що проектуються, зазначається місцезнаходження;

2) відомості про функціональне призначення та конструкцію будівлі – дані щодо геометричних параметрів будівлі та застосованих конструктивних рішень, визначені проектною документацією або за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі, а саме:

загальна площа будівлі, $м^{-2}$;

загальний об'єм, $м^{-3}$;

опалювана площа будівлі, $м^{-2}$;

опалюваний об'єм будівлі, $м^{-3}$;

кількість поверхів (якщо будівля складається з кількох різних секцій, послідовно зазначаються поверхи кожної секції);

рік прийняття в експлуатацію будівлі;

кількість під'їздів або входів;

3) фотографія – фотографічне зображення фасаду будівлі;

4) шкала класів енергетичної ефективності – графічне кольорове позначення існуючих класів енергетичної ефективності (від високого рівня «А» до низького «G») у такому вигляді:

клас А – темно-зелений;

клас В – зелений;

клас С – бірюзовий;

клас D – світло-жовтий;

клас Е – темно-жовтий;

клас F – жовтогарячий;

клас G – червоний;

Навпроти відповідного показника класу енергетичної ефективності зазначається числове значення показника цього класу відповідно до вимог статті 5 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», $кВт×год/м^{-2}$ або $кВт×год/м^{-3}$;

5) клас енергетичної ефективності – містить графічне позначення стрілкою відповідного класу енергетичної ефективності будівлі (літерне позначення міститься всередині стрілки) за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі;

6) питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі – показник питомого енергоспоживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, визначений за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі, із зазначенням числового показника та одиниць вимірювання, $кВт×год/м^{-2}$ або $кВт×год/м^{-3}$;

7) питоме споживання первинної енергії – графічне кольорове та цифрове позначення шкали рівнів споживання енергії, на якій стрілкою

позначається рівень споживання первинної енергії будівлею, визначений за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі, кВт×год/м$^{-2}$;

8) питомі викиди парникових газів – графічне кольорове та цифрове позначення шкали рівнів викидів парникових газів, на якій стрілкою позначається рівень викидів парникових газів будівлі, визначений за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі, кг/м$^{-2}$;

9) серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора, який склав енергетичний сертифікат;

10) фактичні або проектні характеристики огороджувальних конструкцій – дані щодо геометричних та теплофізичних характеристик окремих огороджувальних конструкцій, визначені проектною документацією або за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі, а саме:

види огороджувальних конструкцій;

значення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій (існуюче приведене значення та встановлені мінімальні вимоги), м$^{-2}$ × К/Вт;

площа окремих огороджувальних конструкцій, м$^{-2}$;

11) опис технічного стану огороджувальних конструкцій - опис виявлених при здійсненні сертифікації енергетичної ефективності недоліків конструкцій та характеристика їх технічного стану;

12) показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі - дані про показники енергетичної ефективності будівлі, а саме:

питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання (існуюче значення та встановлені мінімальні вимоги), кВт×год/м$^{-2}$ кВт×год/м$^{-3}$ за рік;

питоме енергоспоживання при опаленні (існуюче значення та встановлені мінімальні вимоги), кВт×год/м$^{-2}$ кВт×год/м$^{-3}$ за рік;

питоме енергоспоживання при охолодженні (існуюче значення та встановлені мінімальні вимоги), кВт×год/м$^{-2}$ кВт×год/м$^{-3}$ за рік;

питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні (існуюче значення та встановлені мінімальні вимоги), кВт×год/м$^{-2}$ кВт×год/м$^{-3}$ за рік;

питоме енергоспоживання системи вентиляції (існуюче значення та встановлені мінімальні вимоги), кВт×год/м$^{-2}$ кВт×год/м$^{-3}$ за рік;

питоме енергоспоживання при освітленні (існуюче значення та встановлені мінімальні вимоги), кВт×год/м$^{-2}$ кВт×год/м$^{-3}$ за рік;

питоме споживання первинної енергії (існуюче значення та встановлені мінімальні вимоги), кВт×год/м$^{-2}$ кВт×год/м$^{-3}$ за рік;

питомі викиди парникових газів, кг/м$^{-2}$ за рік;

у разі відсутності однієї або декількох систем з переліку значення для цих показників не зазначається;

у відповідних полях зазначається рік встановлення мінімальних вимог;

13) енергоспоживання будівлі – дані щодо розрахункового та фактичного обсягів споживання енергії будівлею на рік, а саме:

енергоспоживання систем опалення (фактичний обсяг споживання за рік та розрахунковий обсяг споживання за рік), тис. кВт×год, кВт×год/м$^{-2}$ або кВт×год/м$^{-3}$;

енергоспоживання систем вентиляції (фактичний обсяг споживання за рік та розрахунковий обсяг споживання за рік), тис. кВт×год, кВт×год/м$^{-2}$ або кВт×год/м$^{-3}$;

енергоспоживання систем гарячого водопостачання (фактичний обсяг споживання за рік та розрахунковий обсяг споживання за рік), тис. кВт×год, кВт×год/м$^{-2}$ або кВт×год/м$^{-3}$;

енергоспоживання систем охолодження (фактичний обсяг споживання за рік та розрахунковий обсяг споживання за рік), тис. кВт×год, кВт×год/м$^{-2}$ або кВт×год/м;

енергоспоживання систем освітлення (фактичний обсяг споживання за рік та розрахунковий обсяг споживання за рік), тис. кВт×год, кВт×год/м$^{-2}$ або кВт×год/м$^{-3}$;

фактичні обсяги споживання зазначаються за умови наявності засобів обліку споживання енергії для відповідної системи. У разі відсутності таких засобів обліку фактичні показники не зазначаються. Для об'єктів нового будівництва показники енергоспоживання будівлі не заповнюються;

14) причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних – дані, визначені під час сертифікації енергетичної ефективності будівлі, які впливають на розбіжність між розрахунковими та фактичними показниками споживання будівлі;

15) річне енергоспоживання будівлі - секторна діаграма річного енергоспоживання будівлі з розподілом на відповідні види річного енергоспоживання будівлі;

16) фактичні або проектні характеристики інженерних систем будівлі – дані про інженерні системи будівлі, визначені під час сертифікації енергетичної ефективності будівлі, а саме:

для систем опалення зазначаються такі відомості:

опис джерела теплової енергії:

для системи централізованого опалення: схема теплового вузла з переліком основних елементів (у тому числі пластинчастий теплообмінник, змішувальні насоси, елеваторний вузол) та їх технічних характеристик; теплове навантаження; рік запуску в експлуатацію; температурний графік теплової мережі; вид теплоносія; найменування організації, яка є виконавцем послуг з теплопостачання; інформація про наявність засобів обліку теплової енергії із зазначенням виду обліку

(комерційний, технічний); тип витратомірів (ультразвуковий, електромагнітний, механічний, інший); модифікація приладу обліку; вид послуги для кожного приладу обліку, що обліковується;

для інших видів систем опалення: вид; модифікація; номінальна потужність та вид палива (енергоносія) для джерела теплової енергії; рік випуску та прийняття в експлуатацію джерела теплової енергії; ступінь автоматизації та регулювання потужності; інформація про наявність засобів обліку теплової енергії із зазначенням виду обліку (комерційний, технічний); тип витратомірів (ультразвуковий, електромагнітний, механічний, інший); модифікація приладу обліку; вид послуги для кожного приладу обліку, що обліковується;

опис розподілу теплової енергії: тип теплоносія системи опалення (водяний, паровий, повітряний, газовий, інший); температура теплоносія системи опалення; проектна (розрахункова) потужність системи опалення; рік прийняття в експлуатацію; опис основних елементів обладнання, що здійснюють регулювання теплової потужності системи опалення та трансформацію параметрів теплоносія (крім автоматичних регуляторів тепловіддачі опалювальних приладів); тип циркуляції теплоносія (механічна, природна, за рахунок перепаду тиску в системі опалення, інша) системи опалення; встановлена потужність циркуляційних насосів (вентиляторів) та інформація про засоби регулювання потужності циркуляційних насосів (вентиляторів); матеріал системи розподілу теплоносія (трубопроводи, повітропроводи) системи опалення; стан системи розподілу теплоносія системи опалення; вид та стан теплової ізоляції системи розподілу теплоносія системи опалення;

для водяних систем опалення зазначаються тип системи опалення (однотрубна, двотрубна, інша); тип розведення трубопроводів (горизонтальний, вертикальний);

для вертикальних систем опалення додатково зазначається тип розведення системи опалення по будівлі (верхнє, нижнє, змішане);

опис тепловіддачі:

для вбудованих нагрівальних поверхонь зазначаються площа гріючих поверхонь; конструкція виконання; температурні параметри та опис системи регулювання тепловіддачі;

для вільнообтічних нагрівальних приладів зазначаються загальна кількість опалювальних приладів в системі опалення; їх тип; схема підключення; наявність автоматичних регуляторів теплового потоку на них. У випадку відсутності автоматичних регуляторів зазначають умови їх встановлення;

для індивідуальних систем опалення, які забезпечують обігрів окремих приміщень будівлі (при цьому для кожної з них джерело теплової енергії, система розподілу та тепловіддачі знаходяться в межах приміщень, що обслуговуються, або в одному приладі), зазначаються: теплова

потужність джерел теплової енергії; вид палива, який використовується; наявність функції підігріву гарячої води в джерелах теплової енергії;

рівень енергетичної ефективності систем опалення;

додаткові відомості про систему опалення;

для системи охолодження, кондиціонування, вентиляції зазначаються такі відомості:

опис холодильної машини: потужність компресора; споживана електрична потужність холодильної машини; коефіцієнт перетворення (COP); холодопродуктивність холодильної машини; тип холодоагента; ефективність системи утилізації теплової енергії (за наявності) та її опис;

опис системи розподілу охолоджувальної речовини: тип охолоджувальної речовини; тип трубопроводів системи розподілу охолоджувальної речовини; наявність і стан теплової ізоляції трубопроводів охолоджувальної речовини; опис системи керування обсягу споживання холодильної енергії; перелік основних елементів керування обсягів споживання холодильної енергії;

опис пристроїв споживачів: тип системи (прямоточна, зі змінною витратою повітря, з рециркуляцією, з рекуперацією); витрата повітря; потужність вентиляторів; холодоспоживання;

перелік природних та механічних систем вентиляції з розділенням на припливні та витяжні системи, для кожної із систем опис функціонального призначення приміщень або обладнання, що обслуговується;

опис продуктивності систем вентиляції щодо повітря: тип вентиляторів; їх встановлена потужність; спосіб регулювання їх продуктивності;

опис обладнання для підігріву, осушення, зволоження чи охолодження повітря: тип; модифікація; паспортна потужність;

опис системи автоматики керування роботою систем вентиляції;

інформація про тип повітропроводів, наявність та стан теплової ізоляції на них;

рівні енергетичної ефективності систем охолодження, кондиціонування, вентиляції;

додаткові відомості про системи охолодження, кондиціонування, вентиляції;

для систем постачання гарячої води зазначаються такі відомості:

опис джерела генерації та системи доставки теплоти: назва джерела теплової енергії; рік запуску в експлуатацію; температурний графік; вид теплоносія; найменування організації, яка є надавачем послуг з теплопостачання (за наявності);

опис вузла нагріву (акумуляції) теплоти: схема приєднання вузла нагріву (акумуляції) до системи теплопостачання (одноступенева, двоступенева, паралельна, послідовна, послідовно-паралельна, інша); тип і технічні характеристики теплообмінника; температура гарячої води на

виході з вузла нагріву; перелік елементів автоматизації та системи регулювання теплоспоживання; наявність і стан теплової ізоляції елементів обладнання;

опис системи розподілу гарячої води: тип трубопроводів системи гарячого водопостачання та їх стан; наявність і стан теплової ізоляції трубопроводів системи гарячого водопостачання; наявність та функціонування циркуляції системи гарячого водопостачання; тип системи циркуляції; встановлена потужність циркуляційних насосів; опис системи керування та автоматизації циркуляційними насосами;

додаткові відомості про систему постачання гарячої води;

для систем освітлення зазначаються такі відомості:

опис системи обліку споживання електроенергії: однотарифний чи багатотарифний лічильник;

опис режиму роботи системи освітлення та/або її елементів;

опис типу освітлювальних пристроїв, що використовуються, їх кількість та потужність;

опис систем автоматизації роботи системи освітлення: датчики руху, освітлення, звуку, автоматичне ввімкнення/вимкнення системи освітлення за часом чи інше;

рівень енергетичної ефективності систем освітлення;

17) рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності - дані про заходи для забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівлі, виконання яких дасть змогу показникам огороджувальних конструкцій та інженерних систем будівлі досягти рівня не нижче мінімального, встановленого вимогами. Детальні відомості, зазначені в енергетичному сертифікаті, включаючи економічну ефективність викладених рекомендацій щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівлі та/або її відокремлених частин, наводяться у рекомендаційному звіті;

18) додатково зазначається інформація про можливість отримання більш детальних відомостей, зазначених у сертифікаті, включаючи інформацію про економічну ефективність викладених у сертифікаті рекомендацій щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель та/або їх відокремлених частин. Така інформація може міститись у рекомендаційному звіті.

Розмір сертифіката може бути змінений залежно від обсягу інформації, що зазначається у ньому.

Повна форма енергетичного сертифіката наведена у додатку Р, форма витягу з енергетичного сертифіката на рис. 6.1.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

Функціональне призначення та назва:

Відомості про конструкцію будівлі:

опалювана площа, м²:		опалюваний об'єм, м³:	
кількість поверхів:		рік прийняття в експлуатацію:	

Шкала класів енергетичної ефективності	Клас енергетичної ефективності
Високий рівень енергоефективності A B C D E F G Низький рівень енергоефективності	
Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі	

Питоме споживання первинної енергії, кВт х год/м² за рік

0	10	20	30	40	50	60	70	80	>90
0	50	100	150	200	250	300	350	400	>450

Питомі викиди парникових газів, кг/м² за рік:

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора

Рис. 6.1 Форма витягу з енергетичного сертифіката

Питання для самоперевірки

1. Поняття «сертифікація енергетичної ефективності».
2. Перелік об’єктів, для яких сертифікація енергетичної ефективності є обов’язковою.
3. Вихідні дані для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель.
4. Склад енергетичного сертифікату будівель.

7 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

7.1 Енергетична оцінка будівель

Енергетична оцінка будівель застосовуються при складанні документів з визначення та оцінки енергетичних характеристик будівель різного призначення з параметрами мікроклімату, що регламентуються, під час проведення енергетичного обстеження (аудиту) будівлі, яка експлуатується, підлягає реконструкції, капітальному ремонту, технічному переоснащенню (термомодернізації) та під час зміни власника будівлі, відчуження, передавання в найм будівлі або її відокремленої частини, за бажанням власника існуючої будівлі, для демонстрації рівня енергоефективності.

Стандарт ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 встановлює методичні основи проведення енергетичної оцінки та енергетичної класифікації будівель. Він призначений для застосування юридичними та фізичними особами (незалежно від форми власності), які здійснюють діяльність щодо енергозбереження під час проектування об'єктів будівництва та об'єктів реконструкції, капітального ремонту, технічного переоснащення (термомодернізації), експлуатації та проведення енергетичного обстеження (аудиту) будівель.

Методичні основи проведення енергетичної оцінки та енергетичної класифікації будівель поширюється на:

– житлові будинки: одноквартирні (садибні), багатоквартирні, у тому числі спеціалізовані квартирні житлові будинки для осіб похилого віку і сімей з інвалідами та гуртожитки;

– будинки дошкільних навчальних закладів, навчальних закладів, закладів охорони здоров'я, соціального захисту населення, науково-дослідних установ, проектних і громадських організацій та управління;

– будівлі транспорту, які призначені для безпосереднього обслуговування населення;

– споруди дозвілля, культурно-видовищних та культових закладів, підприємств торгівлі та харчування, підприємств побутового обслуговування;

Енергетичні оцінки будівель можуть виконуватися з метою:

– фіксування дотримання вимог щодо обмеження енергоспоживання;

– встановлення відповідності нормам енергетичної ефективності будівель;

– моніторингу енергетичної ефективності будівель та інженерних систем будівель;

– проектування заходів, призначених для забезпечення енергозаощадження;

– порівняння рівня енергетичної ефективності будівель з результатами розрахунків за іншими стандартами, що розраховують споживання енергії на конкретні послуги у будівлі;

– урахування енергії, що вироблена у будівлі, коли частина такої енергії може бути використана та спожита за межами будівлі.

Методичні положення з енергетичних оцінок ґрунтуються на розрахунку:

– внутрішніх та сонячних теплонадходжень, як складових теплового балансу будівлі;

– річної енергопотреби для опалення, вентиляції та охолодження необхідного для підтримання заданих температур повітря в будівлі;

– річного енергоспоживання при опаленні, вентиляції та охолодженні будівлі;

– річної енергопотреби та енергоспоживання при гарячому водопостачанні будівлі;

– первинної енергетичної оцінки;

– оцінки викидів двоокису вуглецю.

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

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

При проектуванні будинку визначається розрахунковий показник питомих втрат теплової енергії, як функція від теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій, об’ємно-планувальних рішень будинку, тепловиділень і кількості сонячної енергії, що попадає у приміщення будинку, ефективності інженерних систем підтримки необхідного мікроклімату приміщень і систем теплопостачання. Цей розрахунковий показник не повинен перевищувати нормований показник. У нормуванні

цього комплексного показника й полягає основна відмінність норм від колишніх нормативних документів з будівельної теплотехніки.

Новизна підходу в нормах полягає в можливості використання резервів, що були не задіяні в колишніх нормативних документах. Згідно з новим принципом регламентуються вимоги не до окремих частин будинку (стіни, перекриття, вікна тощо), що формують тепловий баланс будинку, а до будинку в цілому з енергетичної точки зору. Основним критерієм є комплексний показник питомої річної енергопотреби будинку. Цей показник є основною нормою для теплотехнічного проектування й має розмірність, як це прийнято в європейській нормативній базі, кВт·год/м^2 або кВт·год/м^3. При виконанні цього нормативного принципу можна:

– не виконувати жорстких вимог забезпечення поелементного нормативного рівня;

– забезпечувати рівний із поелементними вимогами енергозберігаючий ефект за рахунок комплексного проектування теплоізоляції будинку й обліку систем теплопостачання;

– мати можливість більшого вибору проектних рішень при проектуванні в порівнянні із поелементним нормуванням, що обумовлює підвищення якості проектування.

Вибір рівня для окремих елементів теплоізоляційної оболонки здійснюють таким шляхом, коли комбінація цих рівнів приводить до одного головного результату – забезпечення питомої річної енергопотреби будівлі не більше за максимально допустиме значення. Це означає, що рівень теплоізоляції для окремих зовнішніх конструкцій може бути нижче, рівним або вище поелементного рівня. Інша можливість – це компенсація зниженого в порівнянні із поелементним рівнем теплоізоляції для одних елементів теплоізоляційної оболонки за рахунок підвищення для інших.

Така можливість виникає тому, що враховується вплив факторів, які не враховуються при поелементному нормуванні. Наприклад, об'ємно планувальні рішення і, зокрема, ширина будинку впливають на питомі втрати тепловій енергії. У нормах наведені рекомендовані значення щодо співвідношення площі поверхні огороджувальних конструкцій до замкнутого в них об'єму, при яких забезпечується енергоефективне компонування будинків. Ці вимоги є рекомендовані і тому вони не обмежують вибір архітектурних рішень будинку. У випадку, якщо архітектурне рішення будинку не енергоефективне за цими параметрами, то необхідно вибрати підвищені вимоги до теплоізоляції огороджувальних конструкцій.

Іншим прикладом є вибір орієнтації будинку. При більш вдалій орієнтації будинку стає істотним вплив сонячної радіації, й у цьому випадку рівень теплоізоляції як у цілому, так і по окремих елементах може бути знижений.

З наведених вище прикладів видно, що досягти вимоги норм можливо різними шляхами або їхніми комбінаціями. Норми стимулюють проектувальника до пошуку найбільш вигідних комбінацій залежно від поставленого перед ним завдання. Наприклад, поставлене завдання встановити новий рівень теплоізоляції для зовнішніх стін на 20% нижче рівня, установленого при поелементному нормуванні. Таке завдання можна вирішити декількома шляхами. Перший шлях – вибрати більш ефективне об'ємно-планувальне рішення. Наприклад, збільшити ширину будинку з 12 м до 16 м. Якщо цього буде недостатньо, то можна спробувати встановити підвищений, у порівнянні із поелементним, рівень теплоізоляції для горищних або цокольних перекриттів, або провести заміну вікон на більш енергоефективні, або знизити площу засклення фасаду будинку. Іншою можливістю буде використання децентралізованої системи теплопостачання, наприклад, газової котельні, установленої на даху будинку, замість підключення до централізованої системи теплопостачання [40].

Розрахунок енергетичної ефективності будівель повинен проводитися на рівнях:

– енергопотреби будівлі;
– енергоспоживання будівлі;
– доставленої енергії;
– первинної енергії/викидів CO_2.

Методика розрахунку первинної енергії та викидів CO_2 наведена у п. 7.2.

7.2 Методика розрахунку первинної енергії та викидів CO2

Будівля, як правило, використовує більше одного виду енергоносіїв, що потребує об'єднання використаної кількості за кожним видом, для яких витрати можуть відображатися у різних одиницях виміру та при цьому ці види мають різний вплив на енергоефективність та різну вартість для споживачів.

Оцінювання первинної енергії робить можливим застосовувати просте додавання різних видів енергії (наприклад, теплової та електричної), оскільки первинна енергія включає втрати всього енергетичного ланцюжка, включаючи ті, що розташовані поза межами системи. Ці втрати (та можливі надходження) включаються до коефіцієнта використання первинної енергії.

Первинну енергію розраховують на базі доставленої та експортованої енергії для кожного енергоносія за формулою:

$$E_P = \sum (E_{del,i} \cdot f_{P,del.i}) - \sum (E_{exp,i} \cdot f_{P,\exp.i}), \qquad (7.1)$$

де $E_{del,i}$ – поставлена енергія для енергоносія *i*;

$E_{exp,i}$ – експортована енергія для енергоносія *i;*

$f_{P,del,i}$ – коефіцієнт використання первинної енергії для поставленого енергоносія *i* згідно ДСТУ Б EN 15603;

$f_{P,exp,i}$ – коефіцієнт використання первинної енергії для експортованого енергоносія *i* згідно ДСТУ Б EN 15603;

Коефіцієнти використання первинної енергії включають:

– енергію для видобутку носія первинної енергії;

– енергію для транспортування енергоносія від місця виробництва до місця використання;

– енергію, використану для переробки, зберігання, генерації, транспортування, розподілу та будь-яких інших операцій, необхідних для доставки у будівлю.

Невідновлювана частина первинної енергії використовується для коефіцієнтів первинної енергії.

Оцінка вуглекислого газу. Маса викидів CO_2 визначається за формулою:

$$m_{CO_2} = \sum (E_{del,i} \cdot K_{del.i}) - \sum (E_{exp,i} \cdot K_{\text{exp}.i}), \qquad (7.2)$$

де $E_{del,i}$ – поставлена енергія для енергоносія *i*;

$E_{exp,i}$ – експортована енергія для енергоносія *i;*

$K_{del,i}$ – коефіцієнт викидів CO_2 для поставленого енергоносія *i* згідно ДСТУ Б EN 15603;

$K_{exp,i}$ – коефіцієнт викидів CO_2 для експортованого енергоносія *i* згідно ДСТУ Б EN 15603.

Коефіцієнти $E_{del,i}$ та $K_{exp,i}$ можуть бути однаковими.

Розрахунок викидів CO_2 реєструється відповідно до таблиці 5 ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015.

Ці коефіцієнти включають енергію для будівництва систем перетворення та транспортування для перетворення первинної енергії у доставлену енергію.

7.3 Енергетична паспортизація будинків

Енергетична паспортизація будинків є обов'язковою умовою забезпечення їх енергоефективності. Енергетичний паспорт повинен містити три аспекти енергетичної ефективності будинків: доказ відповідності проекту нормативним вимогам, контроль енергоефективності в процесі експлуатації, мотивація власників будинків до зниження енергоспоживання. Крім того, цей документ повинен

підтверджувати енергетичну якість будинку при оцінці його вартості на ринку житла [40].

Паспорт енергетичної ефективності будівлі – документ встановленої форми, в якому зазначаються енергетичні характеристики під час проектування об'єкту будівництва, обраховані відповідно до вимог.

Загальна структура енергетичної паспортизації (рис. 7.1), включає:

1) визначення:

загальних будівельних даних про геометрію та орієнтацію будинку, його поверховість та об'єм, площу зовнішніх огороджувальних конструкцій, площу підлоги опалювальних приміщень;

кліматичних характеристик району будівництва, у тому числі детальні дані про опалювальний період, розрахункову температуру внутрішнього повітря;

даних про системи підтримки мікроклімату приміщень і способів їхнього регулювання залежно від зміни кліматичних впливів та інших джерел надходження теплової енергії до будинку;

проектних даних про теплоізоляцію будинку та енергетичні параметри – значення приведеного опору теплопередачі як окремих елементів, так і теплоізоляційної оболонки будинку в цілому;

зведених енергетичних параметрів будівлі – питома річна енергопотреба;

відповідності теплотехнічних та енергетичних параметрів будинку нормативним вимогам;

2) встановлення:

змін (об'ємно-планувальних, конструктивних, систем підтримки мікроклімату) побудованого будинку в порівнянні із проектом;

фактичних параметрів енергоспоживання та теплотехнічних показників будинку після річного періоду його експлуатації;

порівняння проектних і експлуатаційних теплотехнічних і енергетичних характеристик;

3) маркування:

присудження категорій по енергетичній ефективності з відповідними пільгами або санкціями, енергетична сертифікація будинку;

розробка заходів щодо підвищення енергетичної ефективності.

Енергетичний паспорт за своєю методичною суттю базується на двох методиках: методиці теплотехнічного проектування будинку та методиці контролю енергетичних параметрів будинку, що експлуатується. Загальний показник енергоефективності будівлі *EP*, визначений в енергетичному паспорті згідно з ДБН В.2.6-31:2016, характеризує як трансмісійну, так і інфільтраційну складові тепловтрат будинку. При оцінці енергоспоживання будинку в натурних умовах враховуються не тільки витрати тепла, що подається в будинок системою опалення, але й інші джерела енергії, які виділяють тепло усередині будинку: гаряче

водопостачання, електричні, освітлювальні й побутові прилади, газові плити.

Процедура енергетичного обстеження або енергетичного аудиту (енергоаудит) будинку – це визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на обігрівання будинку під час його експлуатації, що включає проведення аналізу архітектурно-планувальних рішень, інструментального встановлення теплотехнічних показників теплоізоляційної оболонки будинку та енергетичних характеристик інженерного обладнання, структури енерговитрат упродовж опалювального періоду, визначення відповідності фактичної питомої річної енергопотреби нормативним значенням, визначення потенціалу енергозбереження, надання обґрунтованих заходів з підвищення рівня енергетичної ефективності будинку.

Підвищення енергетичної ефективності будинку – це комплекс конструктивних заходів, які приводять для зниження питомої річної енергопотреби будівлі при обов'язковому забезпеченні оптимальних мікрокліматичних умов приміщень.

Введено поняття – термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів, який визначається експлуатаційним періодом, упродовж якого шар теплової ізоляції конструкцій теплоізоляційної оболонки будинку зберігає свої теплоізоляційні властивості на рівні проектних показників, що підтверджується результатами лабораторних випробувань, і зазначено в умовних роках експлуатації (терміну служби).

Енергетичний паспорт будинку розробляється для підтвердження відповідності показників енергетичної ефективності будинку вимогам ДБН В.2.6-31:2016, на підставі якого здійснюється класифікація будинку за його енергоефективністю.

Енергетичний паспорт повинен бути включений як окремий документ до розділу проектної документації, який стосується реалізації вимог з енергозбереження та оцінки енергетичної ефективності будинку.

7.4 Класи енергетичної ефективності

У ДБН В.2.6-31:2016 встановлено 7 класів енергетичної ефективності будинку (табл.7.1). Наявність 7-ми класів на шкалі маркування надає можливість уніфікації відповідних економічно обґрунтованих заходів із заощадження енергії в будинках різних за періодом будівництва, конструктивними та інженерними рішеннями, нормами проектування, умовами експлуатації, а також оцінки інвестиційної привабливості будівництва, реконструкції, капітального ремонту (термомодернізації) та експлуатації будинків.

Клас енергетичної ефективності будинку встановлюють під час проектування, введення будинку до експлуатації та за даними контролю і

оцінки фактичної питомої річної енергопотреби будівлі, що експлуатується. Цей клас може бути уточнений за результатами експлуатації та впровадження заходів з енергозбереження.

В основу класифікації будинків за енергетичною ефективністю покладено рівень відносного відхилення розрахункових та нормативних значень питомих річних енергопотреб будівлі.

Вимоги до класу енергетичної ефективності будинку встановлюються замовником у завданні на проектування та реалізуються під час проектування у відповідних розділах проекту згідно з ДБН А.2.2-3-2004 «Проектування. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва».

Таблиця 7.1

Класифікація будинків за енергетичною ефективністю (табл. 2, [6])

Класи енергетичної ефективності будинку	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотреби, *EP*, від максимально допустимого значення, EP_{max}, $[(EP - EP_{max})/ EP_{max}] \times 100\%$
A	мінус 50 та менше
B	від мінус 49 до мінус 10
C	від мінус 9 до 0
D	від 1 до 25
E	від 26 до 50
F	від 51 до 75
G	від 76 та більше

Будинкам, що проектуються, надається клас не нижчий від «С». Відповідність вимогам ДБН В.2.6-31:2016 має бути підтверджена після завершення будівництва.

У випадку отримання результатів, які відповідають класам «D», «E», «F», «G» необхідно розробити заходи щодо підвищення енергоефективності будинку з доведенням до класу, не нижче від «С», для чого здійснюється відповідний запис до розділу енергетичного паспорту «Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будинку».

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку необхідно враховувати вимоги 4.19 ДБН В.2.6-31:2016 щодо терміну ефективної експлуатації складових теплоізоляційної оболонки будинку, який

встановлюється за мінімальним терміном ефективної експлуатації шару теплової ізоляції її елементів.

7.5 Вимоги до показника енергоефективності

Загальний показник енергоефективності будівлі *EP* повинен визначатися за умовою:

$$EP \leq EP_{max} \tag{7.3}$$

де *EP* – розрахункове або фактичне питоме річне енергоспоживання будівлі, що визначають за формулами (7.4) та (7.5).

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі, кВт · год/м2, що встановлюють згідно таблиці 7.1, залежно від призначення будівлі, її поверховості та температурної зони експлуатації, що приймається за розділом 5.

Розрахункове значення ЕР визначають за формулою:

– для житлових будинків

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd})/A_f\,, \tag{7.4}$$

– для громадських будинків

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd})/V, \tag{7.5}$$

де $Q_{H,nd}$, $Q_{C,nd}$ та $Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання відповідно, кВт год, що визначається згідно з ДСТУ Б А.2.2-12 або розділом 8;

A_f , V – кондиціонована (опалювана) площа для житлової, м^2, та кондиціонований об'єм для громадської будівлі (або її частини), м^3, що визначається згідно з ДСТУ Б EN ISO 13790.

Фактичне значення *EP* визначають згідно з ДСТУ Б В.2.2-39.

Для будівель, що підлягають термомодернізації, допускається приймати збільшені значення максимальної річної питомої енергопотреби з коефіцієнтом 1 - 1,25 до EP_{max}.

Таблиця 7.2

Нормативна максимальна питома енергопотреба для житлових та громадських будинків *EP*max (табл. 1, [6])

Ч. ч.	Призначення будівлі	Значення *EP*max , кВт·год/м^2 [кВт·год/м^3], для температурної зони України	
		I	II
1	Житлові будинки поверховістю:		
	від 1 до 3	120	110
	від 4 до 9	83	81
	від 10 до 16	77	75
	17 і більше	70	68
2	Громадські будівлі та споруди поверховістю:		
	від 1 до 3	[20Λ_{bci}+ 31]	[20Λ_{bci}+ 31]
	від 4 до 9	[38]	[40]
	від 10 до 24	[37]	[39]
	25 і більше	[34]	[36]
3	Підприємства торгівлі	[28Λ_{bci}+ 17]	[32Λ_{bci}+ 18]
4	Готелі:		
	від 1 до 3	110	100
	від 4 до 9	75	70
	від 10 та більше	65	60
5	Будинки та споруди навчальних закладів	[28]	[30]
6	Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів	[48]	[50]
7	Заклади охорони здоров'я	[48]	[50]

Примітка: Λ_{bci} коефіцієнт компактності будівлі, м$^{-1}$.

Розрахунковий показник компактності будинку Λ_{bci} визначається за формулою

$$\Lambda_{bci} = A_{\Sigma} / V , \qquad (7.6)$$

де A_{Σ} – загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огороджувальних конструкцій, включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху і перекриття (підлоги) нижнього опалюваного приміщення, м^2;

V – кондиціонований об'єм, м^3, що визначається згідно з ДСТУ Б EN ISO 13790.

7.6 Приклад складання розділу "Енергоефективність"

1 Загальні дані

Об'єкт – житловий будинок в м. Київ.

Замовник – …...

2 Вихідні дані

2.1 Загальна характеристика будинку

Двадцятидвоповерховий житловий будинок.

Будинок односекційний, трипроменевий, окремо розташований. На першому поверсі розташовані приміщення допоміжного призначення та вбудовані нежитлові приміщення громадського призначення (розділ "Енергоефективність" для даної частини будинку складено окремо).

Схема розташування будинку та орієнтація за сторонами світу наведені на рисунку 7.1.

Загальна кількість квартир – 126. Загальна висота будинку – 67,49 м. У будинку передбачено одну сходову клітку та три підйомних ліфти.

2.2 Вихідні дані для розрахунків

Будинок збірний великопанельний залізобетонний. Фундаменти пальові.

Конструкція зовнішніх стін першого, типового та горищного поверхів є збірною системою, що складається з залізобетонних панелей завтовшки 160 мм та конструкцій фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком та індустріальним опорядженням. Як теплоізоляційний шар використовуються мінераловатні плити густиною 90 кг/м^3, завтовшки 120 мм. Конструктивне рішення зовнішніх стін наведено на рисунку 7.2.

Зовнішні стіни лоджій виконані з тришарових стінових панелей загальною товщиною 300 мм із теплоізолюючим шаром із пінополістиролу густиною 40 кг/м^3.

Горище – холодне, перекриття горища – залізобетонні плити завтовшки 160 мм утеплені мінераловатними плитами густиною від 170 кг/м^3 до 190 кг/м^3, завтовшки 150 мм та цементно-піщаною стяжкою по теплоізоляційних плитах.

Техпідпілля – з розводкою трубопроводів системи опалення та гарячого водопостачання. Перекриття над техпідпіллям утеплюється мінераловатними плитами густиною від 170 кг/м^3 до 190 кг/м^3, завтовшки 50 мм. Розрахункова температура в технічному підпіллі становить 5 °С, що забезпечується тепловіддачею трубопроводів систем опалення та гарячого водопостачання.

Світлопрозорі конструкції (вікна, балконні двері) виконані з ПВХ-профілів із заповненням двокамерними склопакетами з енергозберігаючим покриттям на внутрішньому склі (4М1-10-4М1-10-4і).

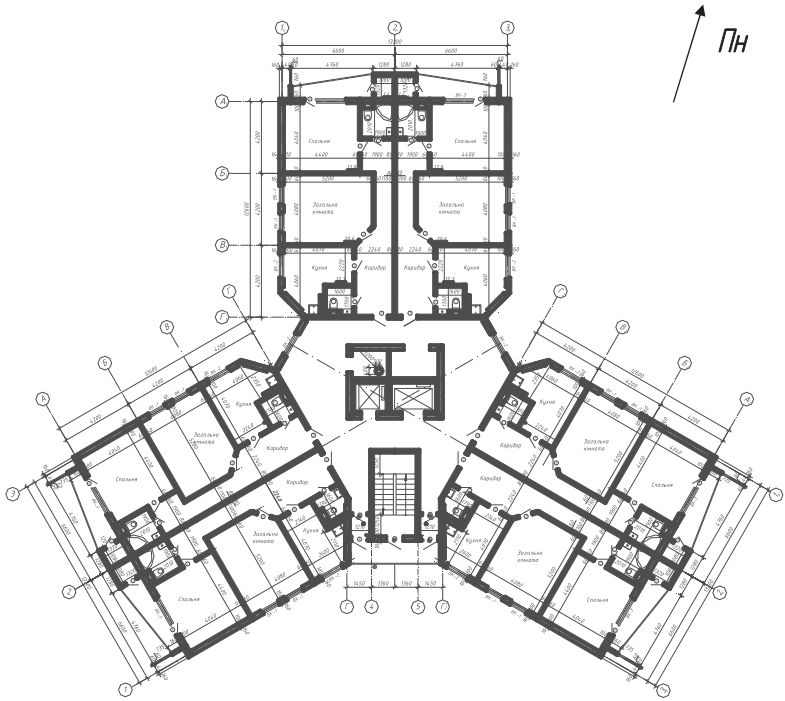


Рис. 7.1 Схема розташування будинку та орієнтація за сторонами світу

У будинку передбачено водяне опалення, гаряче водопостачання, підключення до системи централізованого теплопостачання. Вентиляція в будинку припливно-витяжна з природним спонуканням.

2.3 Розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри

Згідно з ДБН В.2.6-31 розрахункова температура внутрішнього повітря приймається $t_в$ = 20 °С, розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Києва $t_з$ = –22 °С. Розрахункове значення відносної вологості приміщень 55 %, мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні t_{min} = 10,7 °С.

Розрахункова температура техпідпілля згідно з проектом $t_ц$= 5 °С.

Кількість градусо-діб опалювального періоду для І температурної зони – D_d = 3750 °С діб.

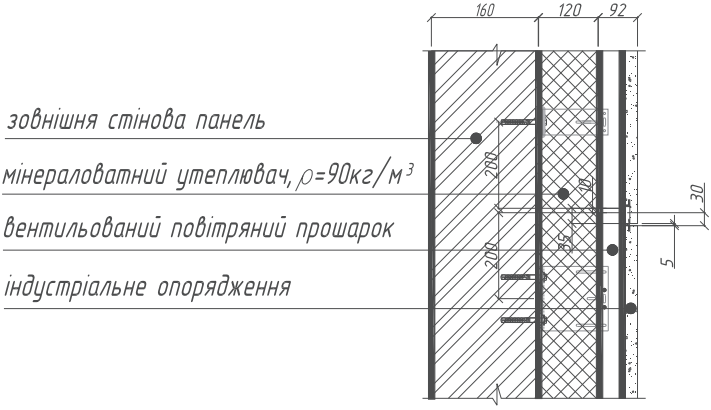


Рис.7.2 Принципове конструктивне рішення зовнішніх стін будинку

Згідно з [33], таблицею 2 тривалість опалювального періоду для м. Києва складає $z_{оп}$ = 187 діб, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{оп\ з}$ = –1,1 °С.

Згідно таблиці 5.4 або [6], таблиці 3 нормативне значення приведеного опору теплопередачі $R_{q\ min}$, м^2·К/Вт, становить:

- для зовнішніх стін – 3,3 м^2·К/Вт;
- для перекриття холодного горища – 4,95 м^2·К/Вт;
- для перекриттів над техпідпіллям – 3,75 м^2·К/Вт ;
- для світлопрозорих огороджувальних конструкцій – 0,75 м^2·К/Вт.

Нормативна максимальна питома енергопотреба для житлового будинку згідно таблиці 7.2 або табл. 1, [6] 70 кВт·год/м^2.

2.4 Основні об'ємно-планувальні показники:

- опалювана площа будинку A_f = 12612,42 м^2, в т.ч. площа квартир житлового будинку $A_{lж}$ = 8788,08 м^2;
- розрахункова площа приміщень 1-го поверху A_{lp} = 374,09 м^2;
- опалюваний об'єм будинку V = 35223,08 м^3;
- загальна площа зовнішніх огороджувальних конструкцій – A_{Σ}=9198,8 м^2.

3 Визначення теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій

3.1 Приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій:

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, визначені на підставі протоколів випробувань або згідно з додатком А або табл. А1, [18]:

- λ = 0,047 Вт/(м·К) – мінераловатні плити;
- λ = 0,93 Вт/(м·К) – цементно-піщаний розчин;
- λ = 2,04 Вт/(м·К) – залізобетон.

3.1.1 Зовнішні стіни

Стіни будинку, виконані з залізобетонних панелей завтовшки 160 мм із системою фасадного утеплення. Опір теплопередачі зовнішніх стін першого типу по основному полю за формулою (5.10) або [18], формулою (2):

$$R_{\Sigma пр\,i} = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,16}{2,04} + \frac{0,12}{0,047} = 2,7\ м^2 \cdot К/Вт$$

3.1.2 Перекриття холодного горища

Перекриття холодного горища виконане з залізобетонних плит завтовшки 160 мм з теплоізоляцією мінераловатним утеплювачем густиною від 170 кг/м^3 до 190 кг/м^3, завтовшки 150 мм та цементно-піщаною стяжкою по теплоізоляційних плитах.

Опір теплопередачі перекриття холодного горища по основному полю визначений за формулою (5.10) або [18], формулою (2):

$$R_{\Sigma\,пр\,aciu} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,16}{2,04} + \frac{0,15}{0,047} + \frac{0,2}{0,93} + \frac{1}{23} = 3,45\ м^2 \cdot К/Вт$$

3.1.3 Перекриття над техпідпіллям

Перекриття над техпідпіллям утеплюється мінераловатними плитами густиною від 170 кг/м^3 до 190 кг/м^3, завтовшки 50 мм. Розрахункова температура в технічному підпіллі 5 °С.

Опір теплопередачі перекриття над техпідпіллям по основному полю визначений за формулою (5.10) або [18], формулою (2):

$$R_{\Sigma пр\,cubiu} = 1,37\ м^2 \cdot К/Вт.$$

3.1.4 Світлопрозорі конструкції

Світлопрозорі конструкції (вікна, балконні двері) виконані з ПВХ-профілів із заповненням двокамерними склопакетами з енергозберігаючим покриттям на внутрішньому склі (4М1-10-4М1-10-4і).

Опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій становить $R_{\Sigma пр\,wi} =$ 0,68 м^2·К/Вт.

4 Оцінка вологісного режиму огороджувальних конструкцій

4.1 Оцінка вологісного режиму конструкцій здійснена згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 для глухих ділянок основного поля зовнішніх стін.

4.2 Розрахункова оцінка проведена за допомогою програмного продукту "Вологісний режим огороджувальних конструкцій" 482.02495431.00002-01, розробленого ДП НДІБК.

На рисунку 7.3 наведено схему тепловологісного режиму стінових огороджувальних конструкції з фасадною теплоізоляцією з повітряним прошарком та індустріальним опорядженням (лінією 3 надано розподіл температури, t, °С, в перерізі конструкції; лінією 2 – розподіл насиченої водяної пари, Е, Па; лінією 1 показаний розподіл парціального тиску водяної пари, е, Па).

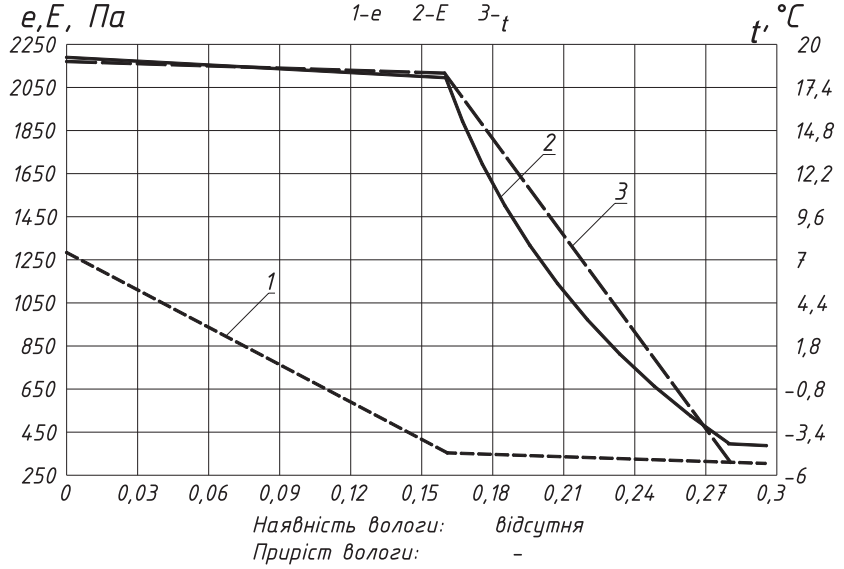


Рис.7.3 Схема тепловологісного режиму основного проектного рішення зовнішніх стін

4.3 Для розглянутого конструктивного рішення не виникає конденсації вологи у товщі конструкції.

5 Визначення показників теплостійкості

5.1 Визначення показників теплостійкості здійснено згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013.

5.2 Оцінка теплостійкості в літній період

5.2.1 Розрахунок проводиться згідно з п. 10.2 або [35].

5.2.2 Розрахункові параметри для умов м. Києва визначені згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010:

- мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, м/с, повторюваність яких складає 16 % і більше, $\nu = 1$ м/с;
- максимальне значення сумарної сонячної радіації $I_{max} = 775$ Вт/м^2;
- середнє значення сумарної сонячної радіації $I_{сер} = 187$ Вт/м^2;
- максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні $A_{t_з} = 18{,}4$ °С.

5.2.3 Коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції згідно з таблицею 10.1 $\chi = 0{,}7$.

5.2.4 Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції за літніми умовами, Вт/(м$^2 \cdot$ К), визначається за формулою (10.7):

$$\alpha_{з.л} = 1{,}16\left(5 + 10\sqrt{\upsilon}\right) = 1{,}16\left(5 + 10\sqrt{1}\right) = 17{,}4 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

5.2.5 Розрахункова амплітуда поливань температури зовнішнього повітря, $A_{tроз}$,°С за формулою (10.7)

$$A_{tроз} = 0{,}5A_{t_з} + \frac{\chi\left(I_{max} - I_{ср}\right)}{\alpha_{з.л}} = 0{,}5 \times 18{,}4 \times \frac{0{,}7 \times (775 - 187)}{17{,}4} = 32{,}9 \text{ °С},$$

5.2.6 Термічні опори шарів стінової огороджувальної конструкції, починаючи з боку приміщення згідно, становлять:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0{,}16}{2{,}04} = 0{,}078 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0{,}12}{0{,}047} = 2{,}553 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0{,}015}{0{,}2} = 0{,}075 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0{,}02}{0{,}81} = 0{,}025 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

5.2.7 Теплова інерція шарів стінової огороджувальної конструкції, починаючи з боку приміщення, становить:

$$D_1 = R_1 \times S_1 = 0{,}078 \times 17{,}98 = 1{,}41 > 1;$$

$$D_2 = R_2 \times S_2 = 2{,}553 \times 0{,}56 = 1{,}43 > 1;$$

$$D_3 = R_3 \times S_3 = 0{,}075 \times 0{,}787 = 0{,}059 < 1;$$

$$D_4 = R_4 \times S_4 = 0{,}025 \times 9{,}2 = 0{,}227 < 1$$

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 1{,}41 + 1{,}43 + 0{,}059 + 0{,}227 = 3{,}126$$

5.2.8. Коефіцієнти теплозасвоєння зовнішньою поверхнею окремих шарів огороджувальної конструкції Y формулами (10.10) або (10.9)

$$Y_1 = S_1 = 17{,}98 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$Y_2 = S_2 = 0{,}56 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$Y_3 = \frac{R_3 \cdot S_3^2 + Y_2}{1 + R_3 \cdot Y_2} = \frac{0{,}075 \times 0{,}787^2 + 0{,}56}{1 + 0{,}075 \times 0{,}56} = 0{,}582 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$Y_4 = \frac{R_4 \cdot S_4^2 + Y_3}{1 + R_4 \cdot Y_3} = \frac{0{,}025 \times 9{,}2^2 + 0{,}582}{1 + 0{,}025 \times 0{,}82} = 2{,}634 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

5.2.9 Величина затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в огороджувальній конструкції за формулою (10.6):

$$\nu = 0{,}9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + \alpha_в)(S_2 + Y_1)(S_3 + Y_2)(S_4 + Y_4)(\alpha_{зл} + Y_4)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2)(S_3 + Y_3)(S_4 + Y_4)\alpha_{зл}} = 94{,}406$$

Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні стінових огороджувальних конструкцій за формулою (10.4):

$$A_{\tau_в} = \frac{A_{t\text{роз}}}{\nu} = \frac{32{,}9}{94{,}406} = 0{,}35 \text{ °C}$$

Отже амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих стінових огороджувальних конструкцій становить 0,35 °С, що відповідає нормативним вимогам (10.1).

5.3 Оцінка теплостійкості в зимовий період

5.3.1 Розрахунок проводиться згідно з п. 10.3 або [35].

Як типове приміщення обране кутове приміщення двокімнатної квартири будинку типового поверху.

5.3.2 Геометричні та теплотехнічні показники типового приміщення:

- площа зовнішніх непрозорих стінових огороджувальних конструкцій $F_{нп} = 19{,}2 \text{ м}^2$;

- площа зовнішніх світлопрозорих огороджувальних конструкцій $F_c = 3{,}6\ м^2$;

- приведений опір теплопередачі зовнішніх непрозорих стінових огороджувальних конструкцій $R_{\Sigma нп} = 2{,}3\ м^2 \cdot К/Вт$;

- приведений опір теплопередачі зовнішніх світлопрозорих огороджувальних конструкцій $R_{\Sigma c} = 0{,}68\ м^2 \cdot К/Вт$;

Коефіцієнт нерівномірності теплопередачі системи опалення $m = 0{,}1$.

5.3.3 Показник теплозасвоєння внутрішньою поверхнею стінової огороджувальної конструкції $Y_{вн}, Вт/(м^2 \cdot К)$, за формулами (10.16) – (10.19):

Оскільки $D_1 \geq 1$, то

$$Y_{вн} = S_1 = 17{,}98\ Вт/(м^2 \cdot К).$$

5.3.4 Показник теплозасвоєння внутрішньою поверхнею світлопрозорої огороджувальної конструкції за формулою (10.21):

$$Y_{вс} = \frac{1}{1{,}08 \cdot R_{\Sigma c}} = \frac{1}{1{,}08 \times 0{,}68} = 1{,}362\ Вт/(м^2 \cdot К)$$

5.3.5 Коефіцієнт теплопоглинання B_j, $Вт/(м^2 \cdot К)$, внутрішньою поверхнею j-ї зовнішньої огороджувальної конструкції приміщення за формулою (10.12):

- для зовнішніх стін

$$B_{нп} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{1}{Y_{вн}}} = \frac{1}{\frac{1}{8{,}7} + \frac{1}{17{,}86}} = 5{,}863\ \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

- для світлопрозорих конструкцій

$$B_c = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{1}{Y_{вн}}} = \frac{1}{\frac{1}{8{,}7} + \frac{1}{1{,}362}} = 1{,}117\ Вт/(м^2 \cdot К)$$

5.3.6 Тепловтрати приміщення $q_{буд}$, Вт згідно з положеннями СНиП 2.04.05:

$$q_{буд} = (t_в - t_з)\frac{(F_{нп} + F_c)^2}{(F_{нп} \cdot R_{\Sigma нп} + F_c \cdot R_{\Sigma c})} 1{,}15 =$$

$$= \big(20 - (-22)\big)\frac{(19{,}2 + 3{,}6)^2}{(19{,}2 \times 2{,}3 + 3{,}6 \times 0{,}68)} \times 1{,}15 = 538\ Вт$$

5.3.7 Амплітуда коливань температури приміщення $A_{t_в}$, °С, за формулою (10.11):

$$A_{t_в} = \frac{0{,}7 q_{буд} \cdot m}{B_{нп} \cdot F_{нп} + B_{с} \cdot F_{с}} = \frac{0{,}7 \times 538{,}7 \times 0{,}1}{5{,}863 \times 19{,}2 + 1{,}117 \times 3{,}6} = 0{,}32 \text{ °С}$$

5.3.8 Отже, амплітуда коливань температури приміщення становить 0,32 °С, що відповідає нормативним вимогам (10.2).

Питання для самоперевірки

1. Мета енергетичної оцінки будинків.
2. Рівні розрахунку енергетичної ефективності будівель.
3. Енергетична паспортизація будинків.
4. Класи енергетичної ефективності.
5. Показники енергетичної ефективності будинків.
6. Вимоги до показника енергоефективності.

8 МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОПОТРЕБИ ПРИ ОПАЛЕННІ, ОХОЛОДЖЕННІ ТА ГАРЯЧОМУ ВОДОПОСТАЧАННІ

При проведенні оцінки відповідності енергетичних характеристик будівлі за показником енергопотреб враховуються витрати на опалення, вентиляцію, охолодження, гаряче водопостачання та освітлення залежно від типу будівлі

8.1 Енергетичний баланс рівня будівлі

У залежності від ситуації будівля представлена розділеною на характерні зони або як одна зона.

Енергетичний баланс поділяється на енергетичний або тепловий баланс рівня будівлі та енергетичний баланс на рівні систем.

Енергопотребу для опалення та охолодження будівлі за явною теплотою розраховують за енергетичним балансом зон(-и) будівлі. Ці енергопотреби є вхідними даними для енергетичного балансу систем опалення, охолодження та вентиляції.

Енергетичний (тепловий) баланс рівня зони будівлі включає наступні складові:

— трансмісійну теплопередачу між кондиціонованим об'ємом та зовнішнім навколишнім середовищем, що обумовлена різницею між температурою кондиціонованої зони та температурою зовнішнього повітря;

— вентиляційну теплопередачу (від природної вентиляції або системи механічної вентиляції), спричинену різницею між температурою кондиціонованої зони та температурою припливного повітря;

— внутрішні теплонадходження (включаючи від'ємні надходження від тепловідводу), від людей, устаткування, освітлення та теплота, що виділена або поглинута з систем опалення, охолодження, ГВП, вентиляції тощо;

— сонячні теплонадходження (які можуть бути прямими, наприклад, через вікна, або непрямими, наприклад, поглинені непрозорими елементами будівлі);

— акумульовану теплоту в будівлі або вивільнений запас теплоти з масиву будівлі;

— енергопотребу для опалення: якщо зона опалюється, система опалення постачає теплоту для підвищення внутрішньої температури до мінімально необхідного рівня (завданого для опалення);

— енергопотребу для охолодження: якщо зона охолоджується, система охолодження відбирає теплоту для зниження внутрішньої температури до максимально необхідного рівня (завданого для

охолодження).

Енергетичний баланс будівлі може також включати енергію, утилізовану в будівлі від різних джерел, таку як утилізовані вентиляційні тепловтрати та втрати систем опалення та охолодження, які утилізують.

8.2 Межі та зони будинку при розрахунку

Межі будівлі при розрахунку енергопотреби для опалення та/або охолодження складаються з усіх елементів будівлі, що відокремлюють кондиціонований об'єм або об'єми, які розглядають, від зовнішнього навколишнього середовища (повітря, ґрунт чи вода) або від суміжних будівель чи некондиціонованих об'ємів, використовуючи внутрішні габаритні розміри.

Може бути необхідним розділити будівлю на різні зони з розрахунком енергопотреби для опалення та охолодження для кожної зони окремо.

Якщо будівля поділена на декілька зон, кожна зона повинна бути розрахована окремо, використовуючи процедури розрахунку за однією зоною та за умови адіабатичних границь між зонами. Це визначається, як розрахунок мультизони без теплового сполучення між зонами.

Межа зони будівлі складається з усіх елементів будівлі, що відокремлюють кондиціонований об'єм чи об'єми, які розглядають, від зовнішнього навколишнього середовища (повітря, ґрунт чи вода), від суміжних кондиціонованих зон, будівель чи некондиціонованих об'ємів, використовуючи внутрішні габаритні розміри. Межею між зонами вважають уявну лінію, що проходить посередині перегородки/місця сполучення між зонами.

Невеликі, некондиціоновані об'єми можуть бути включені всередину кондиціонованої зони, але в даному випадку вони повинні розглядатися як кондиціоновані об'єми.

Розподіл будинку на теплові зони не є обов'язковим, якщо усі наступні умови виконуються для об'ємів всередині будівлі:

а) задані температури на опалення об'ємів відрізняються не більше ніж на 4 K включно.

б) об'єми не мають механічного охолодження або механічне охолодження та задані температури на охолодження об'ємів відрізняються не більше ніж на 4 K включно.

в) об'єми обслуговуються однією системою опалення (якщо є) та однією системою охолодження (якщо є).

г) якщо наявна система(-и) вентиляції, обслуговує принаймні 80 % площі підлоги об'ємів.

д) характеристика вентиляції приміщень, м^3/(м^2·с), відрізняється не більше ніж у 4 рази всередині 80 % площі підлоги, або є велика ймовірність, що двері між приміщеннями будуть відчиненими.

Якщо зони для яких не виконуються вищенаведені умови становлять не більше 15% від загальної кондиціонованої площі будівлі, то зонуванням можна знехтувати.

Якщо одна або декілька з цих умов не виконується, будівля розділяється на декілька зон так, щоб усі умови виконувались для кожної зони. Подальше розділення на менші зони не допускається.

Для цілей енергетичної сертифікації та документування дотримання будівельних норм будівлі, а також для цілей спрощеного енергоаудиту, допускається виконувати однозонний розрахунок будівлі.

Доцільно розділяти будівлю на декілька зон, якщо виконувана оцінка енергетичної ефективності вимагає високої точності (наприклад, для інвестиційних проектів або коли завданням передбачено особлива точність) або очікуються великі відмінності у співвідношенні надходжень і втрат теплоти для режиму опалення або для режиму охолодження.

8.3 Розрахунок за зонами

При розрахунку за однією зоною, задану температуру, $\theta_{\mathrm{int,H,set}}$, °С, на опалення зони будівлі визначають за формулою:

$$\theta_{\mathrm{int,H,set}} = \frac{\sum_s A_{\mathrm{f},s}\theta_{\mathrm{int},s,\mathrm{H,set}}}{\sum_s A_{\mathrm{f},s}}, \tag{8.1}$$

де $\theta_{\mathrm{int},s,\mathrm{H,set}}$ – задана температура для опалення s-го об'єму, °С, визначена згідно з розділом 8.13;

$A_{\mathrm{f},s}$ – кондиціонована площа підлоги s-го об'єму, м^2.

При розрахунку за однією зоною, задану температуру, $\theta_{\mathrm{int,C,set}}$, °С, на охолодження зони будівлі визначають за формулою:

$$\theta_{\mathrm{int,C,set}} = \frac{\sum_s A_{\mathrm{f},s}\theta_{\mathrm{int},s,\mathrm{C,set}}}{\sum_s A_{\mathrm{f},s}}, \tag{8.2}$$

де $\theta_{\mathrm{int},s,\mathrm{C,set}}$ – задана температура для охолодження s-го об'єму, °С, визначена згідно з розділом 8.13;

$A_{\mathrm{f},s}$ – кондиціонована площа підлоги s-го об'єму, м^2.

При розрахунку за однією зоною, якщо зона містить об'єми, що мають відмінні характеристики параметрів щодо внутрішніх теплонадходжень, години освітлення, години вентиляції, кратності повітрообміну тощо, то необхідно використовувати середньозважене до площі значення параметру, аналогічно тому, як це визначено для заданої температури. Осереднення виконується на місячній основі.

Для розрахунку мультизони без теплового сполучення між зонами (розрахунок з ізольованими зонами) теплопередачу повітрообміном та/або трансмісією між зонами не беруть до уваги. Відповідно, даний розрахунок розглядають, як серію незалежних розрахунків за однією зоною.

Для зон, що мають спільне використання загальної системи опалення та охолодження, енергопотреба для опалення та охолодження будівлі є сумою енергопотреб, розрахованих для окремих зон (див. розділ 8.14).

Кондиціонована площа підлоги A_f є площею підлоги всередині меж кондиціонованого об'єму будівлі, визначена за внутрішніми габаритними розмірами.

За необхідності, кондиціоновану площу зони будівлі визначають окремо для кожної розрахункової зони. Сума кондиціонованих площ усіх зон має дорівнювати кондиціонованій площі всієї будівлі.

8.4 Методика розрахунку енергопотреби для опалення та охолодження будівлі

Методика розрахунку по визначенню енергопотреби для опалення та охолодження зони будівлі підсумована нижче:

а) Розрахувати внутрішні умови згідно з розділом 8.13 та кліматологічні умови відповідно до додатку Ж-П.

б) Розрахувати характеристики теплопередачі трансмісією згідно з розділом 8.8.

в) Розрахувати характеристики теплопередачі вентиляцією згідно з розділом 8.9.

г) Розрахувати внутрішні теплонадходження згідно з розділом 8.10.

д) Розрахувати сонячні теплонадходження згідно з розділом 8.11.

е) Розрахувати динамічні параметри згідно з розділом 8.12.

Енергопотребу для опалення та охолодження встановлюють за розрахунком 12-місячного опалювального режиму та 12-місячного режиму охолодження, кожен з власним значенням параметру (наприклад, для вентиляції, утилізації теплоти тощо).

8.5 Енергопотреба для опалення

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця енергопотребу для опалення, $Q_{H,nd}$, Вт·год, за умови постійного опалення, розраховують за

формулою:

$$Q_{\mathrm{H,nd}} = Q_{\mathrm{H,nd,cont}} = Q_{\mathrm{H,ht}} - \eta_{\mathrm{H,gn}} Q_{\mathrm{H,gn}}, \quad (8.3)$$

де $Q_{\mathrm{H,nd,cont}}$ – енергопотреба для постійного опалення будівлі, Вт·год, повинна бути більше чи дорівнювати 0;

$Q_{\mathrm{H,ht}}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт·год, визначена згідно з 8.7.2;

$Q_{\mathrm{H,gn}}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт·год, визначені згідно з 8.7.2;

$\eta_{\mathrm{H,gn}}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень, визначений згідно з 8.12.2.

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця енергопотребу для опалення, $Q_{\mathrm{H,nd}}$, за умови переривчастого опалення, якщо виконуються умови 8.13.2, визначають за формулою:

$$Q_{\mathrm{H,nd}} = Q_{\mathrm{H,nd,interm}}, \quad (8.4)$$

де $Q_{\mathrm{H,nd,interm}}$ визначають згідно з 8.13.3.

У випадку з довготривалим періодом невикористання $Q_{\mathrm{H,nd}}$ визначають з поправками згідно з 8.13.5.

8.6 Енергопотреба для охолодження

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця енергопотребу для охолодження $Q_{\mathrm{C,nd}}$, Вт·год, за умови постійного охолодження, розраховують за формулою:

$$Q_{\mathrm{C,nd}} = Q_{\mathrm{C,nd,cont}} = Q_{\mathrm{C,gn}} - \eta_{\mathrm{C,ls}} Q_{\mathrm{C,ht}}, \quad (8.5)$$

де $Q_{\mathrm{C,nd,cont}}$ – енергопотреба для постійного охолодження будівлі, Вт·год, повинна бути більше чи дорівнювати 0;

$Q_{\mathrm{C,ht}}$ – сумарна теплопередача в режимі охолодження, Вт·год, визначена згідно з 8.7.2;

$Q_{\mathrm{C,gn}}$ – сумарні теплонадходження в режимі охолодження, Вт·год, визначені згідно з 8.7.2;

$\eta_{\mathrm{C,ls}}$ – безрозмірний коефіцієнт використання втрат, визначений

згідно з 8.12.3.

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця енергопотребу для охолодження, $Q_{C,nd}$, за умови переривчастого охолодження, якщо виконуються умови 8.13.2, визначають за формулою:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,interm}, \quad (8.6)$$

де $Q_{C,nd,interm}$ визначають згідно з 8.13.3.

У випадку з довготривалим періодом невикористання $Q_{C,nd}$ визначають з поправками згідно з 8.13.5.

8.7 Сумарна теплопередача та теплові надходження

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця сумарну теплопередачу, Q_{ht}, Вт·год, ($Q_{H,ht}$ – для режиму опалення, $Q_{C,ht}$ – для режиму охолодження) визначають за формулою:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}, \quad (8.7)$$

де Q_{tr} – сумарна теплопередача трансмісією, Вт·год, визначена згідно з розділом 8.8;

Q_{ve} – сумарна теплопередача вентиляцією, Вт·год, визначена згідно з розділом 8.9.

Сумарні теплові надходження, Q_{gn}, Вт·год, ($Q_{H,gn}$ – для режиму опалення, $Q_{C,gn}$ – для режиму охолодження) для кожної зони будівлі для кожного місяця визначають за формулою:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}, \quad (8.8)$$

де Q_{int} – сума внутрішніх теплонадходжень протягом даного періоду, Вт·год, визначена згідно з розділом 8.10;

Q_{sol} – сума сонячних теплонадходжень протягом даного періоду, Вт·год, визначена згідно з розділом 8.11.

8.8 Теплопередача трансмісією

8.8.1 Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr}, Вт·год, розраховують для кожного місяця та для кожної зони за формулами:

- для опалення:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t ; \quad (8.9)$$

- для охолодження:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,set,C} - \theta_e) t , \quad (8.10)$$

де $H_{tr,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-ззовні, визначений згідно з 8.8.2;

$\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С, визначена згідно з розділом 8.13;

$\theta_{int,set,C}$ – задана температура зони будівлі для охолодження, °С, визначена згідно з розділом 8.13;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, визначена згідно з додатком К;

t – тривалість місяцю для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з додатком Ж.

Теплопередача або частина теплопередачі може мати від'ємний знак протягом певного періоду.

8.8.2 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією Htr,adj, Вт/К, повинно бути розраховане за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A , \quad (8.11)$$

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

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

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

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

В загальному випадку H_x, що відображає H_D, H_g, H_U або H_A, складається з трьох доданків та розраховується за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \sum_i A_i U_i \qquad (8.12)$$

де A_i – площа i-го елемента оболонки будівлі, м^2;

U_i – приведений коефіцієнт теплопередачі i-го елемента оболонки будівлі, Вт/(м^2·К), що становить $U_i = 1/R_{\Sigma пр i}$;

$R_{\Sigma пр i}$ – приведений опір теплопередачі i-го елемента оболонки будівлі, м^2·К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.6-189. Для світлопрозорих елементів приймається за відповідними стандартами;

$b_{tr,x}$ – поправочний коефіцієнт, що становить:

– $b_{tr,x} = 1$ – при розрахунках H_D;

– $b_{tr,x} \neq 1$ при розрахунках H_g, H_U, H_A, значення має визначатися згідно з 8.8.2.

Поправочний коефіцієнт, b, корегує коефіцієнт замість різниці температур.

Підсумовування у формулі (8.11) здійснюють за всіма складовими будівлі, що розділяють внутрішнє середовище та середовище з іншої сторони конструкції (зовнішнє, ґрунт, некондиціонований об'єм тощо).

У випадку наявності більш ніж одного типу нижнього поверху, або більш ніж одного суміжного некондиціонованого об'єму, значення узагальнених коефіцієнтів теплопередачі трансмісією складають, використовуючи для кожного елементу відповідне значення поправочного коефіцієнту $b_{tr,x}$.

8.8.3 Теплопередача через світлопрозорі елементи

Приведений опір теплопередачі i-го світлопрозорого елементу будівлі повинен визначатися розрахунком згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-146 за проектними даними.

За відсутності точних даних допускається для спрощення приймати значення частки обрамлення (непрозорої частини) на рівні 0,3 для віконних та дверних блоків та 0,2 для світлопрозорих фасадів будівлі.

Метод визначений ДСТУ Б А.2.2-12:2015 для цілей сертифікації енергоефективності згідно з нормативними вимогами не враховує ефекту нічної ізоляції. Для інших цілей ефект нічної ізоляції може бути врахований відповідно до ДСТУ Б EN ISO 13790.

8.8.4 Теплопередача до ґрунту

Для цілей енергетичної сертифікації та документування дотримання вимогам будівельних норм як стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту у формулі (8.11) необхідно використовувати значення H_g, що розраховують згідно з розділом 5.7 та знехтувати поправкою на різницю температур (значення ($b_{tr,x}$ = 1)).

8.8.5 Теплопередача до суміжного некондиціонованого об'єму та суміжного приміщення оранжерейного типу

Суміжний некондиціонований об'єм або суміжне приміщення оранжерейного типу є некондиціонованим об'ємом за межами розрахункової зон(-и) при визначенні енергопотреби при опаленні та охолодженні будівлі.

Розрахункова процедура, що наведена нижче, є однаковою для суміжного некондиціонованого об'єму та суміжного приміщення оранжерейного типу.

Корегування узагальненого коефіцієнта теплопередачі враховують поправочним коефіцієнтом $b_{tr,x}$,=b_U, що базується на температурі суміжного некондиціонованого об'єму/суміжного приміщення оранжерейного типу.

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі, що враховує теплопередачу трансмісією та вентиляцією, між кондиціонований об'ємом/зоною та зовнішнім середовищем через некондиціонований об'єм/приміщення оранжерейного типу розраховують за формулою:

$$H_U = H_{iu}\, b_U\,, \tag{8.13}$$

де H_{iu} – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі між кондиціонованим об'ємом/зоною та некондиціонованим об'ємом/приміщенням оранжерейного типу, Вт/К, визначають згідно з формулою (8.16).

Поправочний коефіцієнт b_U розраховують для кожного місяця за формулою:

$$b_U = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_i - \theta_e}, \tag{8.14}$$

де θ_i – розрахункова (задана) температура кондиціонованого об'єму/зони, ºС;

θ_e – розрахункова температура зовнішнього середовища, ºС;

θ_u – температура некондиціонованого об'єму/приміщення оранжерейного типу, ºС, що розраховують на основі теплового балансу в стаціонарних умовах за формулою:

$$\theta_u = \frac{\Phi + \theta_i H_{iu} + \theta_e H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}, \tag{8.15}$$

де θ_i θ_e – те саме, що у формулі (8.14), ºС;

H_{ue} – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі між некондиціонованим об'ємом/приміщенням оранжерейного типу та зовнішнім середовищем, Вт/К, визначають згідно з формулою (8.16).

Коефіцієнти H_{iu} та H_{ue} враховують теплопередачу трансмісією та вентиляцією. Їх розрахунок здійснюють за формулами:

$$H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu} \quad \text{та} \quad H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue} \tag{8.16}$$

$$H_{V,iu} = \rho c_p q_{iu} \quad \text{та} \quad H_{V,ue} = \rho c_p q_{ue} \tag{8.17}$$

де $H_{T,iu}$, $H_{T,ue}$ – безпосередні узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією між кондиціонованим об'ємом/зоною і некондиціонованим об'ємом/приміщенням оранжерейного типу та між некондиціонованим об'ємом/приміщенням оранжерейного типу і зовнішнім середовищем відповідно, Вт/К. Визначають згідно з формулою (8.12) з поправочним коефіцієнтом $b_{tr,x} = 1$;

$H_{V,iu}$, $H_{V,ue}$ – узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією між кондиціонованим об'ємом/зоною і некондиціонованим об'ємом/приміщенням оранжерейного типу та між некондиціонованим об'ємом/приміщенням оранжерейного типу і зовнішнім середовищем відповідно, Вт/К. Визначають згідно з формулою (8.24);

q_{iu}, q_{ue} – витрати повітряних потоків при вентиляції з інфільтрацією між кондиціонованим об'ємом/зоною і некондиціонованим об'ємом/приміщенням оранжерейного типу та між некондиціонованим об'ємом/приміщенням оранжерейного типу і зовнішнім середовищем відповідно, м^3/год, визначають з проектних даних, результатів випробувань або інших джерел;

ρ – густина повітря, може бути прийнята ρ = 1,2 кг/м^3;

c_p – питома теплоємність повітря, може бути прийнята c_p = 0,28 Вт·год/(кг·К);

Φ – тепловий потік, що надходить всередину некондиціонованого об'єму/приміщенням оранжерейного типу, Вт, що визначають за формулою:

$$\Phi = \Phi_{sol,mn,u,l} + \Phi_{int,mn,u,l} \quad , \tag{8.18}$$

де $\Phi_{int,mn,u,l}$ – усереднений за часом тепловий потік від l-го внутрішнього джерела в суміжному некондиціонованому об'ємі, Вт, визначають згідно з 8.10.3;

$\Phi_{sol,mn,u,l}$ – усереднений за часом тепловий потік від l-го джерела сонячного випромінювання в суміжному некондиціонованому об'ємі, Вт, визначають згідно з 8.11.3.

Тепловий потік Φ, що надходить всередину некондиціонованого об'єму/приміщенням оранжерейного типу включає прямі сонячні теплонадходження, внутрішні та будь-які інші теплонадходження. Сонячні та інші теплонадходження повинні бути визначені для усіх огороджень некондиціонованого об'єму/приміщення оранжерейного типу, що межують із навколишнім або іншим середовищем. Розрахунок теплового потоку від сонячного випромінювання повинен базуватися на еквівалентних площах інсоляції відповідних елементів будівлі (огороджень) та на поправках щодо затінення сонця зовнішніми перешкодами, як визначено у розділі 8.11.

У випадку некондиціонованого об'єму/приміщенням оранжерейного типу суміжного до більше ніж однієї кондиціонованої зони, що мають різні внутрішні задані умови, значення поправочного коефіцієнта b_U необхідно розрахувати для кожної зони.

Сонячні та внутрішні теплонадходження, що потрапили до некондиціонованого об'єму/приміщенням оранжерейного типу не враховують при розрахунках енергетичного балансу суміжної розрахункової (кондиціонованої) зони, оскільки вони вже прийняті до уваги у значенні поправочного коефіцієнта b_U через температуру θu.

Для існуючих будівель, якщо збирання повних потрібних вхідних даних є занадто трудомістким та економічно недоцільним, а також для цілей сертифікації енергоефективності згідно з нормативними вимогами допускається використовувати значення поправочного коефіцієнта b_U, що наведені в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3

Значення поправочного коефіцієнта b_U

Тип некондиціонованого об'єму	b_U для опалювального періоду	b_U для періоду охолодження
Технічне підпілля	0,3	0,3
Технічне (тепле) горище	0,7	0
Холодне горище багатоповерхових будівель	0,9	0
Холодне горище односімейних будівель	1,0	0
Неопалювана сходова клітка всередині будівлі	0,4	0
Неопалюване приміщення з трьома зовнішніми стінами (наприклад, зовнішні сходи)	0,8	0
Неопалюване приміщення з двома зовнішніми стінами та дверима (наприклад, тамбур, хол, гараж)	0,6	0
Неопалюване приміщення з двома зовнішніми стінами без дверей	0,5	0
Неопалюване приміщення з однією зовнішньою стіною	0,4	0
Засклений балкон/лоджія існуючих будівель	0,7	1,0*
Засклений балкон/лоджія для нового проектування	0,85	1,0*
Примітка. * - при відкритих стулках		

8.8.6 Теплопередача до суміжних будівель

Теплопередачу до суміжних будівель не враховують при розрахунку згідно з цим стандартом за умови, якщо різниця між внутрішньою заданою температурою суміжних будівель відрізняється не більше ніж на 4 К включно.

У випадку, якщо різниця між внутрішньою заданою температурою суміжних будівель відрізняється більше ніж на 4 К теплопередачу трансмісією враховують поправочним коефіцієнтом $b_{tr,x} = b_A$, що базується на температурі суміжної будівлі та корегує узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією.

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі, що враховує теплопередачу трансмісією між суміжними будівлями розраховують за формулою:

$$H_A = H_{iA}\, b_{\mathrm{A}}\,, \tag{8.19}$$

де H_{iA} – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією між кондиціонованим об'ємом/зоною та суміжною будівлею, Вт/К, визначають згідно з формулою (8.12) з поправочним коефіцієнтом $b_{\mathrm{tr},x} = 1$.

Поправочний коефіцієнт b_{A} розраховують для кожного місяця за формулою:

$$b_{\mathrm{A}} = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e}, \tag{8.20}$$

де θ_{i} – розрахункова (задана) температура кондиціонованого об'єму/зони, ºС;

θ_{a} – температура внутрішнього повітря суміжної будівлі, ºС;

θ_{e} – розрахункова температура зовнішнього середовища, ºС.

8.8.7 Теплопровідні включення

Визначення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі необхідно здійснювати на підставі розрахунків двомірних та тримірних температурних полів відповідно. Методика розрахунків встановлена згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2.

Лінійні коефіцієнти та точкові коефіцієнти теплопередачі поширених теплопровідних включень наведені в ДСТУ Б В.2.6-189.

У випадку, якщо теплопровідне включення розташоване на межі двох зон, то до кожної зони відносять половину значення лінійного коефіцієнту теплопередачі даного теплопровідного включення.

Для існуючих будівель, за відсутності інформації чи її недостатній кількості щодо теплопровідних включень у конструкції, необхідно використовувати коригуючу поправку до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень, за формулою:

$$U_{\mathrm{op,corr}} = U_{\mathrm{op,mn}} + \Delta U_{\mathrm{tb}}\,, \tag{8.21}$$

де $U_{\mathrm{op,mn}}$ – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини конструкції (по основному полю), Вт/(м^2·К);

ΔU_{tb} – додаткова складова за замовчуванням до коефіцієнта теплопередачі непрозорих конструкцій, U_{op}, що враховує вплив

теплопровідних включень, Вт/(м^2·К), розрахункові значення наведені в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4

Значення додаткової складової до коефіцієнту теплопередачі, які враховують вплив теплопровідних включень

Середнє значення коефіцієнта теплопередачі непрозорої частин конструкцій, Вт/(м^2·К)	ΔU_{tb}, Вт/(м^2·К)
$U_{op,mn} \geq 0,8$	0,0
$0,4 \leq U_{op,mn} < 0,8$	0,075
$U_{op,mn} < 0,4$	0,15

8.8.8 Особливі елементи

У випадку наявності особливих елементів, таких як вентильовані сонячні стіни (наприклад, стіни «Тромба») та інші вентильовані елементи зовнішньої оболонки, розрахунок теплопередачі трансмісією необхідно проводити згідно з додатком Е ДСТУ Б EN ISO 13790.

8.9 Теплопередача вентиляцією

8.9.1 Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі

Сумарну теплопередачу вентиляцією Q_{ve}, Вт·год, розраховують для кожного місяцю та для кожної z-ої зони за формулами:

– для опалення:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj}\left(\theta_{int,set,H,z} - \theta_e\right)t; \qquad (8.22)$$

– для охолодження:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj}\left(\theta_{int,set,C,z} - \theta_e\right)t + \sum_{i=1}^{N}\left(\sum_{j=1}^{24} f_{ve,extra,j,k} H_{ve,extra,j,k}\left(\theta_{int,set,C,z} - \theta_{e,j}\right)\right), \qquad (8.23)$$

де $H_{ve,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К, визначений згідно з 8.9.2;

$H_{ve,extra,j,k}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції (нічна вентиляція та/або природнє охолодження) від k-го елементу, Вт/К, визначений згідно з 8.9.2;

$\theta_{\text{int,set,H}}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С, визначена згідно з розділом 8.13;

$\theta_{\text{int,set,C}}$ – задана температура зони будівлі для охолодження, °С, визначена згідно з розділом 8.13;

θ_{e} – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, визначена згідно з додатком К;

$\theta_{\text{e},j}$ – температура зовнішнього середовища, °С, для конкретної *j*-ої години доби, визначена на підставі погодинних значень репрезентативного дня місяця згідно з додатком Л;

t – тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з додатком Ж;

$f_{\text{ve,extra},j,k}$ – частка роботи для конкретної *j*-ої години доби *i*-ого дня місяця від *k*-го елемента додаткової вентиляції (якщо нічна вентиляція та/або природнє охолодження працює $f_{\text{ve,extra},j,k} = 1$, якщо не працює $f_{\text{ve,extra},j,k} = 0$);

j = 1 до 24 – крок розрахунку в годинах;

i = 1 до N – крок розрахунку в добах (N = 31 для січня).

Теплопередача або частина теплопередачі може мати від'ємний знак протягом певного періоду, в залежності від способу в який теплота надходить до будівлі (зони).

8.9.2 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією $H_{\text{ve,adj}}$, Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_{\text{ve,adj}} = \rho_{\text{a}} c_{\text{a}} \left(\sum_k b_{\text{ve},k} q_{\text{ve},k,\text{mn}} \right), \tag{8.24}$$

де $\rho_{\text{a}} c_{\text{a}}$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м^3·К);

$q_{\text{ve},k,\text{mn}}$ – усереднена за часом витрата повітря від *k*-го елемента, м^3/год, визначають згідно з 8.9.2;

$b_{\text{ve},k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для *k*-го елемента повітряного потоку, зі значенням $b_{\text{ve},k} \neq 1$, якщо температура припливного повітря $\theta_{\text{sup},k}$ не дорівнює температурі зовнішнього середовища, як у випадку попереднього нагріву, попереднього охолодження чи утилізації теплоти; значення необхідно визначати згідно з 8.9.2. Температурний поправочний коефіцієнт *b* корегує коефіцієнт замість різниці температур;

k – представляє кожен із відповідних елементів повітряного потоку, таких як інфільтрація, природна вентиляція, механічна вентиляція тощо.

Усереднену за часом витрату повітря k-го елемента повітряного потоку $q_{\mathrm{ve},k,\mathrm{mn}}$, м^3/год, розраховують за формулою:

$$q_{\mathrm{ve},k,\mathrm{mn}} = f_{\mathrm{ve,t},k}\, q_{\mathrm{ve},k}, \qquad (8.25)$$

де $q_{\mathrm{ve},k}$ – витрата повітря k-го елемента повітряного потоку, м^3/год, визначають за проектними даними або результатами випробувань згідно ДСТУ Б В.2.2-19;

$f_{\mathrm{ve,t},k}$ – частка роботи k-го елемента повітряного потоку, розрахована як частка від загальної кількості годин на добу (повний час: $f_{\mathrm{ve,t},k} = 1$), яку визначають з того ж джерела, що і $q_{\mathrm{ve},k}$.

У випадку переривчастого опалення або охолодження де, відповідно до 8.13.3, ефект переривчастості враховують понижувальним коефіцієнтом на енергопотреби для опалення чи охолодження, часову частку розраховують за постійного опалення чи охолодження, нехтуючи днями з заданим черговим опаленням чи охолодженням та днями з їх відключенням.

У випадку різних властивостей теплопередачі вентиляцією для опалення та охолодження необхідно використовувати окремі вхідні дані. Це застосовують, наприклад, у випадках різної кратності повітрообміну взимку та влітку, наявності теплоутилізаційної установки тощо.

8.9.3 Температурний поправочний коефіцієнт

Вентиляція з інфільтрацією повітря ззовні

При вентиляції (механічній, природній) без попереднього підігріву/охолодження та без утилізації теплоти температуру припливного повітря $\theta_{\mathrm{sup},k}$ приймають рівною середньомісячній температурі зовнішнього середовища θ_{e} згідно з додатком К. Внаслідок цього, температурний поправочний коефіцієнт $b_{\mathrm{ve},k}$ для витрати потоку повітря від зовнішнього середовища дорівнює $b_{\mathrm{ve},k} = 1$.

Вентиляція з інфільтрацією повітря від суміжного некондиціонованого об'єму та суміжного приміщення оранжерейного типу

У випадку вентиляції з інфільтрацією від суміжного некондиціонованого об'єму/приміщення оранжерейного типу температурний поправочний коефіцієнт приймають $b_{\mathrm{ve},k} = 0$. Наявна вентиляція вже прийнята до уваги у 8.8.2.

Вентиляція з інфільтрацією повітря від суміжних будівель

Метод розрахунку, встановлений цим стандартом, не враховує наявність вентиляції від суміжних будівель. У цьому випадку температурний поправочний коефіцієнт приймають $b_{ve,k} = 0$.

Теплоутилізаційна установка

Теплоутилізаційна установка, за наявності, є, зазвичай, важливим елементом теплового балансу зони будівлі, що в значній мірі впливає на використання теплових надходжень та зменшення витрат на опалення та охолодження. З цієї причини ефект використання теплоутилізаційних установок повинен враховуватися в розрахунках енергопотреби для опалення та охолодження та не може визначатися лише окремим корегувальним коефіцієнтом.

Температурний поправочний коефіцієнт $b_{ve,k}$ для потоку повітря від теплоутилізаційної установки визначають за формулою:

$$b_{ve,k} = \left(1 - f_{ve,frac,k} \cdot \eta_{hru}\right), \tag{8.26}$$

де η_{hru} – ефективність теплоутилізаційної установки, що визначають за результатами розрахунків відповідно до стандартів по системам вентиляції, випробувань або на підставі значень, що наведені в таблиці 8.5;

$f_{ve,frac,k}$ – частка повітряного потоку k-го елемента, що розглядається, яка проходить через теплоутилізаційну установку.

Таблиця 8.5

Ефективність теплоутилізаційної установки

Принцип теплоутилізації установки	Ефективність η_{hru}
Компактний теплообмінник з циркуляційним контуром (рідини)	0,40
Пластинчастий теплообмінник	0,50
Теплоутилізатор з тепловою помпою	0,60
Пластинчастий теплообмінник з протитоком	0,65
Високоефективний теплообмінник з циркуляційним контуром (рідини)	0,70
Роторний теплообмінник	0,70

Якщо відповідний стандарт по системам вентиляції, проектні дані, результати випробувань або інші джерела, надають температуру припливного повітря $\theta_{sup,k}$ замість ефективності теплоутилізаційної установки, ефективність η_{hru} отримують з наступного перетворення за формулою:

$$\eta_{\text{hru}} = \frac{\left(\theta_{\text{sup},k} - \theta_{\text{e}}\right)}{\left(\theta_{\text{int,set}} - \theta_{\text{e}}\right)}, \tag{8.27}$$

де $\theta_{\text{sup},k}$ – температура припливного повітря з теплоутилізаційної установки, ºС, отримана з відповідного стандарту по системам вентиляції, проектних даних, результатів випробувань або іншого джерела;

$\theta_{\text{int,set}}$ – задана температура зони будівлі для опалення чи охолодження, ºС, визначена згідно з розділом 8.13;

θ_{e} – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, визначена згідно з додатком К.

Якщо теплоутилізаційна установка вимкнена або увімкнений байпас для попередження загрози заморожуванню установки, це повинно бути належним чином враховано в представлених даних. За можливості, повинні бути забезпечені дані щодо додаткових джерел вентиляційного повітря, таких як інфільтрація та природна вентиляція для уникнення завищення продуктивності теплоутилізаційної установки та/або заниження загальної кількості вентиляційної витрати до будівлі чи зони будівлі.

Зазвичай вплив може бути різним для опалювального періоду та періоду охолодження.

Значення, що отримані з відповідних стандартів, по ефективності теплоутилізаційної установки, значення температури припливного повітря $\theta_{\text{sup},k}$, значення додаткової енергії (на двигуни вентиляторів, на розморожування) повинні базуватися на тих самих параметрах клімату, що використовуються для розрахунку в ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Додаткову енергію, наприклад, для розморожування та енергію на двигуни вентиляторів, необхідно додавати окремо (див. 8.15.15).

Якщо теплоутилізаційна установка має функцію регулювання теплообмінником без функції управління перегрівом (на динамічній чи сезонній основі), це повинно відповідно враховуватися в значенні ефективності теплоутилізаційної установки η_{hru}.

Якщо послідовно з теплоутилізаційною установкою відбувається попередній підігрів чи охолодження, температура припливного повітря до будівлі чи зони будівлі є температурою після попереднього підігріву чи охолодження. Як наслідок, температурний поправочний коефіцієнт $b_{\text{ve},k}$ для повітряного потоку від центрального попереднього підігріву чи охолодження визначають відповідно до формули (8.29).

У випадку застосування двох послідовних теплоутилізаторів комбіновану ефективність утилізації теплоти $\eta_{\text{ve},k}$ розраховують за формулою:

$$\eta_{\text{ve},k} = \eta_{\text{ve},k^1} + \eta_{\text{ve},k^2} - (\eta_{\text{ve},k^1} \cdot \eta_{\text{ve},k^2}), \tag{8.28}$$

де η_{ve,k^1} – ефективність утилізації теплоти першого теплоутилізатора;

η_{ve,k^2} – ефективність утилізації теплоти другого теплоутилізатора.

Використовується для комбінації теплоутилізаційної установки та сонячного колектора або приміщення оранжерейного типу тільки для частини повітряного потоку, що проходить через обидві одиниці обладнання.

Природне охолодження та нічна вентиляція протягом режиму охолодження

Нічне охолодження: витрата зовнішнього повітря встановлюється до максимального значення протягом періоду невикористання за умови, що:

а) внутрішня температура вище заданої для забезпечення комфортних умов,

б) різниця між внутрішньою та зовнішньою температурою вище встановленого обмеження.

Природне охолодження: витрати зовнішнього та рециркуляційного повітря регулюються протягом всіх періодів часу для мінімізації механічного охолодження. Розрахунки проводять на основі температур.

У випадку вентиляції за рахунок природного охолодження та/або нічної вентиляції протягом періоду охолодження додаткову складову загального коефіцієнту теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції $H_{ve,extra}$ до кондиціонованого об'єму, Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_{ve,extra} = \rho_a c_a q_{ve,extra}, \qquad (8.29)$$

де

$\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м^3·К);

$q_{ve,extra}$ – додаткова витрата повітря в кондиціонований об'єм за рахунок природного охолодження чи нічної вентиляції, м^3/год; визначають згідно відповідного стандарту по системам вентиляції, проектних даних, результатів випробувань або іншого джерела тощо.

Допускається приймати, що додаткова витрата повітря на природне охолодження та вентиляцію в нічний час $q_{ve,extra}$ працює з 22 години до 8 години всі дні періоду охолодження.

Моделі можуть відрізнятися для робочих та вихідних днів та можуть залежати від призначення будівлі.

8.9.4 Значення повітряного потоку

Витрата повітря при механічній вентиляції

При новому будівництві витрату повітря *k*-го елементу повітряного потоку $q_{ve,k}$, м^3/год, необхідно визначати на підставі проектних даних.

Водночас, сукупна витрата повітря від механічної та природної вентиляції (інфільтрації) повинна бути не менше мінімальних вимог, що стосуються необхідного повітрообміну зони/будівлі, та визначені згідно з нормативними документами на відповідний тип будівлі, або згідно з ДСТУ Б EN 15251.

При механічній припливно-витяжній вентиляції без попереднього підігріву чи охолодження в якості витрати повітря *k*-го елементу повітряного потоку $q_{ve,k}$ приймають найбільше значення між припливом та витяжкою.

Неконтрольована інфільтрація діє постійно.

При розрахунках систем вентиляції за потребою (системи зі змінною витратою повітря, системи, що працюють за показами CO_2 тощо) допускається зниження величини повітряного потоку на 20 % відносно величини мінімального повітрообміну.

Для існуючих будівель значення повітряного потоку при вентиляції необхідно визначати за нормативними вимогами, що діяли на час їх проектування.

Витрата повітря за рахунок інфільтрації, пасивних припливних отворів або вікон (природна вентиляція)

Витрату повітряного потоку $q_{ve,inf,mn}$ за рахунок інфільтрації, м^3/год, протягом місяця визначають за формулою:

$$q_{ve,inf,mn} = n_{\text{inf,mn}} V_{ve} , \tag{8.30}$$

де $n_{\text{inf,mn}}$ – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації, враховуючи вплив механічної вентиляції, год$^{-1}$;

V_{ve} – кондиціонований об'єм зони/будівлі (зона обслуговування згідно ДБН В.2.5-67), призначений для вентиляції, м^3;

Вентиляція механічною системою вентиляції з центральним попереднім підігрівом чи охолодженням

Якщо температуру припливного повітря регулюють за внутрішньою температурою будівлі чи зони будівлі, наприклад, у випадку повітряної системи опалення чи охолодження, енергопотреба для центрального попереднього підігріву чи охолодження повинна враховуватися, як складова частина розрахунку енергопотреби будівлі чи зони будівлі.

Енергопотребу для центрального попереднього підігріву чи охолодження вентиляційного повітря $Q_{\text{V,pre-heat}}$ або $Q_{\text{V,pre-cool}}$, Вт·год,

розраховують, використовуючи різницю температури зовнішнього та припливного повітря після центрального попереднього підігріву чи охолодження, за формулами:

– для попереднього підігріву:

$$Q_{V,pre-heat} = \sum_{i=1}^{N}\left(\sum_{j=1}^{24} f_{ve,j,k} q_{ve,j,k}\, \rho_a c_a \left(\theta_{sup,k} - \theta_{e,j}\right)\right), \qquad (8.31)$$

– для попереднього охолодження:

$$Q_{V,pre-cool} = \sum_{i=1}^{N}\left(\sum_{j=1}^{24} f_{ve,j,k} q_{ve,j,k}\, \rho_a c_a \left(\theta_{e,j} - \theta_{sup,k}\right)\right), \qquad (8.32)$$

де (для кожної z-ої зони будівлі та для кожного місяця):

$f_{ve,j,k}$ – частка роботи для конкретної j-ої години доби i-ого дня місяця (якщо система працює $f_{ve,j,k} = 1$, якщо система не працює $f_{ve,j,k} = 0$);

$q_{ve,j,k}$ – витрата повітря вентиляцією k-ої складової повітряного потоку, м^3/год, що попередньо підігрівається чи охолоджується до температури припливного повітря;

$\theta_{e,j}$ – температура зовнішнього повітря, ºС, для конкретної j-ої години доби, визначена на підставі погодинних значень репрезентативного дня місяця згідно з додатком Л;

$\theta_{sup,k}$ – температура припливного повітря k-ої складової повітряного потоку, ºС, що надходить в зону будівлі з вентиляцією після попереднього підігріву чи охолодження, отримана з відповідного стандарту по системам вентиляції, проектних даних, результатів випробувань або іншого джерела;

$\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,336 Вт·год/(м^3·К);

j = 1 до 24 – крок розрахунку в годинах;

i = 1 до N – крок розрахунку в добах (N = 31 для січня).

Якщо система вентиляції з попереднім підігрівом чи охолодженням обладнана блоком утилізації теплоти, зовнішню температуру $\theta_{e,j}$ замінюють температурою припливного повітря від теплоутилізаційної установки, $\theta_{sup,k,hru}$, яку отримують за формулою:

$$\theta_{sup,k,hru} = \eta_{hru}\,(\theta_{int,set} - \theta_e) + \theta_{e,j}\,, \qquad (8.33)$$

де η_{hru} – ефективність блоку утилізації теплоти;

$\theta_{int,set}$ – задана температура зони будівлі для опалення або охолодження, °С, що забезпечується системою центрального попереднього підігріву чи охолодження, визначена згідно з розділом 8.13;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, визначають згідно з додатком К;

$\theta_{e,j}$ – температура зовнішнього повітря, ºС, для конкретної j-ої години доби, визначена на підставі погодинних значень репрезентативного дня місяця згідно з додатком Л.

У цьому випадку різниця температури, що використовується в формулах (8.31) чи (8.32) – це різниця між температурою припливного повітря від теплоутилізаційної установки та температурою припливного повітря після попереднього підігріву чи охолодження.

Якщо температура припливного повітря не регулюється за внутрішньою температурою будівлі чи зони будівлі і попередній підігрів (охолодження) здійснюється до температури нижчої (вищої) заданої температури зони будівлі $\theta_{int,set}$, то в цьому випадку необхідно визначити додаткову енергопотребу для підігріву (охолодження) повітря до заданої температури.

Це врахування здійснюється у формулі (8.24) через узагальнений коефіцієнт теплопередачі вентиляцією $H_{ve,k}$, що базується на температурі припливного повітря $\theta_{sup,k}$, яка подається центральною установкою кондиціонування та потрапляє до зони будівлі.

Як наслідок, температурний поправочний коефіцієнт $b_{ve,k}$ для повітряного потоку після центрального попереднього підігріву чи охолодження дорівнює:

$$b_{ve,k} = \frac{\left(\theta_{int,set} - \theta_{sup,k}\right)}{\left(\theta_{int,set} - \theta_e\right)}, \tag{8.34}$$

де $\theta_{int,set}$ – задана температура зони будівлі для опалення чи охолодження, ºС, визначена згідно з розділом 8.13;

$\theta_{sup,k}$ – температура припливного повітря, ºС, яка подається центральною установкою кондиціонування та потрапляє до зони будівлі, отримана з відповідного стандарту по системам вентиляції, проектних даних, результатів випробувань або іншого джерела;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, визначають згідно з додатком К.

Енергопотребу для попереднього підігріву чи охолодження розраховують згідно з 8.9.3.

Необхідно чітко розділяти витрати повітря, що використовуються у формулі (8.24) та (8.31) та уникати подвійного врахування зазначених повітряних потоків. Наприклад, для припливно-витяжної установки з попереднім підігрівом повітря до заданої температури, що працює з підсосом (витрата витяжного повітря більша за витрату припливного), у формулі (8.31) необхідно враховувати лише витрату припливного повітря,

що надходить на підігрів, а у формулі (8.24) – враховувати інфільтрацію згідно з формулою (8.30) і різницю, що залишилась між витратою витяжного та припливного повітря.

8.10. Внутрішні теплонадходження

Внутрішні теплонадходження, теплонадходження від внутрішніх теплових джерел, включаючи від'ємні теплонадходження (розсіяна теплота від внутрішнього середовища до холодних джерел або «стоки»), складаються з будь-якої теплоти, що створюється в кондиціонованому об'ємі внутрішніми джерелами, крім тої, що навмисно використовується для опалення, охолодження або ГВП.

Внутрішні теплонадходження включають:

– метаболічну теплоту від людей та розсіяну теплоту від обладнання;

– теплоту, розсіяну від освітлювальних приладів;

– теплоту, розсіяну від або поглинуту системами гарячої і водопровідної води та каналізації;

– теплоту, розсіяну від або поглинуту системами опалення, охолодження та вентиляції;

– теплоту від або до процесів та продукції.

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядається, Q_{int}, Вт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{\text{int}} = \left(\sum_{k} \Phi_{\text{int,mn},k} A_{\text{f}} \right) t, \tag{8.35}$$

де $\Phi_{\text{int,mn},k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k-го внутрішнього джерела, Вт/м^2;

A_{f} – кондиціонована площа зони будівлі, м^2;

t – тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

Згідно з методикою цього стандарту внутрішні теплонадходження від некондиціонованого об'єму/приміщення оранжерейного типу суміжного до зони будівлі, що розглядається, не беруть до уваги, оскільки вони вже враховані у значенні поправочного коефіцієнту b_{U} через температуру θ_{u} (див. 8.8.2).

Методика даного стандарту визначає, що до уваги прийняті наступні теплонадходження:

– внутрішній тепловий потік від людей $\Phi_{\text{int,Oc}}$;

– внутрішній тепловий потік від освітлення $\Phi_{\text{int,L}}$;

– внутрішній тепловий потік від обладнання $\Phi_{int,A}$.

Типові дані щодо внутрішніх теплонадходжень наведені у таблиці 8.6. Тривалість періоду використання розраховують згідно графіку використання (год/тиждень) за виключенням святкових днів, приймаючи внутрішні теплонадходження нульовими під час свят. Типовий графік використання наведений у таблиці 8.6, кількість святкових днів (період невикористання) протягом кожного місяця наведена у таблиці 8.7. Для детальних розрахунків необхідно приймати фактичний/проектний графік використання або використовувати дані згідно з ДСТУ Б EN 15232.

Таблиця 8.6

Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання, значення за замовчуванням

Призначення будівлі	Графік використання, год/тиждень	Метаболічна теплота, $\Phi_{int,Oc}$ Вт/м^2	Освітлення, $\Phi_{int,L}$ Вт/м^2	Обладнання, $\Phi_{int,A}$ Вт/м^2
Одноквартирні будинки	112	1,2	2,0	2,0
Багатоквартирні будинки, гуртожитки	112	1,8	2,0	2,0
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	50	4,0	7,0	6,0
Будівлі учбових закладів	50	7,0	7,0	6,0
Будівлі дитячих дошкільних закладів	50	7,0	7,0	3,0
Будівлі закладів охорони здоров'я	168	2,7	7,0	6,0
Готелі	168	4,0	8,0	2,0
Ресторани	84	5,0	8,0	4,0
Спортивні заклади	84	5,0	8,0	1,0
Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	84	7,0	12,0	2,0
Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних установ	56	5,0	8,0	2,0
Інші види будівель	60	3,0	7,0	2,0

Таблиця 8.7

Кількість святкових днів (період невикористання)

Вид будівлі	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Одноквартирні будинки												
Багатоквартирні будинки, гуртожитки												
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	3		1	1	3	1		1				
Будівлі учбових закладів	3		1	1	3	1	22	22				
Будівлі дитячих дошкільних закладів	3		1	1	3	1	22	12				
Будівлі закладів охорони здоров'я												
Готелі												
Ресторани												
Спортивні заклади	2											
Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	1											
Інші види будівель	3		1	1	3	1		1				

8.11 Сонячні теплонадходження

Джерелом теплових надходжень від сонця є сонячна радіація, режим якої характерний у даній місцевості, та визначається орієнтацією сприймаючих поверхонь, постійним чи рухомим затіненням, пропусканням та поглинанням сонячної енергії й характеристиками теплопередачі сприймаючих поверхонь. Коефіцієнт, що включає характеристики та площу сприймаючих поверхонь (включно з впливом затінення), називається еквівалентною площею інсоляції.

8.11.1 Загальні сонячні теплонадходження

Теплонадходження від сонця до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця Q_{sol}, Вт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{\text{sol}} = \left(\sum_{k} \Phi_{\text{sol,mn},k} \right) t, \tag{8.36}$$

де $\Phi_{\text{sol,mn},k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k-го джерела сонячного випромінювання, Вт, визначений згідно з 8.11.3;

t – тривалість місяця, що розглядається, виражена у годинах, приймають згідно з додатком Ж.

8.11.2 Елементи сонячних теплонадходжень

Сонячні теплонадходження визначають, базуючись на еквівалентних площах інсоляції відповідних світлопрозорих елементів будівлі та на поправках до затінення сонця зовнішніми перешкодами. Також тут надано коригування для теплової радіації до атмосфери.

Сприймаючі площини, які беруть до уваги, – це скління (включаючи будь-які об'єднані чи додані засоби сонячного затінення). Характеристики залежать від клімату, часу та факторів розташування, таких як положення сонця та співвідношення між прямою та розсіяною сонячною радіацією. Тому, взагалі характеристики змінюються у часі, як погодинно, так і за рік. Як наслідок, адекватні середні чи традиційні значення необхідно вибирати так, щоб відповідати меті розрахунку (опалення, охолодження та/чи літній комфорт).

8.11.3 Сонячні теплонадходження через елементи будівлі

Сонячні теплонадходження через *k*-ий елемент будівлі $\Phi_{\text{sol},k}$, Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,ob},k} A_{\text{sol},k} I_{\text{sol},k} - F_{\text{r},k} \Phi_{\text{r},k}, \tag{8.37}$$

де $F_{\text{sh,ob},k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції *k*-ої поверхні, визначений згідно з 8.11.7;

$A_{\text{sol},k}$ – еквівалентна площа інсоляції *k*-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м^2, визначена згідно з 8.11.4 (скління), 8.11.5 (непрозорі елементи), 8.11.6 (особливі елементи);

$I_{\text{sol},k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі *k*-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м^2, визначена згідно з додатком М;

$F_{\text{r},k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: $F_{\text{r}} = 1$ – для незатіненого горизонтального даху, $F_{\text{r}} = 0,5$ – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{\text{r},k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від *k*-го елемента будівлі, Вт, визначений згідно 8.11.8.

Еквівалентна площа інсоляції, $A_{\text{sol},k}$, дорівнює площі абсолютно чорного тіла, що отримує таке ж сонячне теплове надходження, як і поверхня, що розглядається.

Додатковий тепловий потік унаслідок теплового випромінювання в атмосферу насправді не є сонячним тепловим надходженням, але включений до сонячних теплонадходжень для спрощення.

8.11.4 Еквівалентна площа інсоляції засклених елементів

Еквівалентну площу інсоляції заскленого елемента оболонки (наприклад, вікна) A_{sol}, м^2, розраховують за формулою:

$$A_{\text{sol}} = F_{\text{sh,gl}} g_{\text{gl}} (1 - F_{\text{F}}) A_{\text{w,p}}, \tag{8.38}$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів, визначений згідно з 8.11.7. У випадку відсутності засобів рухомого затінення $F_{sh,gl} = 1$;

g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента, визначений згідно з формулою (8.39);

Світлопрозора частина елемента може містити прозоре скління, але також (постійно розташовані) розсіювальні чи затінювальні шари.

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції заскленого елемента, визначена згідно 8.11.4;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції заскленого елемента (наприклад, площа вікна), м^2.

Для вікон чи інших засклених елементів оболонки з нерозсіювальним склінням коефіцієнт пропускання сонячної енергії для випромінювання, перпендикулярного до скління g_n необхідно розраховувати з урахуванням оптичних властивостей багатошарового скління або приймати згідно з даними таблиці 8.8.

Через те, що осереднений за часом загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії – це параметр, значення якого дещо нижче за g_n, то для його обчислення використовують поправочний коефіцієнт F_w, як наведено у формулі:

$$g_{gl} = F_w g_n, \tag{8.39}$$

де F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, приймають $F_w = 0{,}90$

Таблиця 8.8

Типові значення коефіцієнта загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння для поширених типів скління

Тип скління	g_n
Одинарне скління	0,85
Подвійне скління	0,75
Подвійне скління із селективним низько-емісійним покриттям	0,67
Потрійне скління	0,70
Потрійне скління з одним селективними низько-емісійними покриттями	0,58
Потрійне скління з двома селективними низько-емісійними покриттями	0,50
Подвійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,90
Потрійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,83

У випадку наявності постійно закритої завіси (наприклад, нерухомої) всередині чи ззовні приміщення зменшується загальне пропускання сонячного випромінювання. В цьому випадку, щоб визначити загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління з постійною завісою загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління g_{gl} необхідно помножити на понижувальний коефіцієнт. Приклади понижувальних коефіцієнтів залежно від типу постійної завіси наведені в таблиці 8.9.

В цьому випадку в контексті «постійно» зазвичай значить «діє у денний час»

Таблиця 8.9

Понижувальні коефіцієнти для деяких типів постійних завіс

Тип завіси	Оптичні властивості завіси		Понижувальний коефіцієнт з	
	поглинання	пропускання	завісами всередині	завісами ззовні
Білі венеціанські жалюзі	0,1	0,05	0,25	0,1
		0,1	0,3	0,15
		0,3	0,45	0,35
Білі завіси	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,8	0,75
		0,9	0,95	0,95
Кольорові текстильні	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Текстильні з алюмінієвим покриттям	0,2	0,05	0,20	0,08

8.11.5 Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі A_{sol}, м^2, розраховують за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, , \qquad (8.40)$$

де $\alpha_{S,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають згідно з даними таблиці 8.10;

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м^2·К/Вт, приймають 0,043 м^2·К/Вт;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м^2·К); для фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком та вентильованих горищних покриттів значення U_c необхідно помножити на коефіцієнт 0,04;

A_c – площа проекції непрозорої частини, м^2.

Таблиця 8.10

Коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції

Матеріал зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції	Коефіцієнт поглинання сонячної радіації, $\alpha_{S,c}$	Коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею, ε
Алюміній	0,1	0,06
Азбестоцементний лист	0,65	0,96
Асфальтобетон	0,9	0,93
Бетон	0,7	0,62
Дерево нефарбоване	0,6	0,8
Захисний шар рулонної покрівлі зі світлого гравію	0,65	0,95
Цегла керамічна	0,7	0,93
Цегла силікатна	0,6	0,9
Облицювання природним каменем білим	0,45	0,42
Пофарбування силікатне темно-сіре	0,7	0,81
Пофарбування вапняне біле	0,3	0,90
Плитка облицювальна керамічна	0,8	0,93
Плитка облицювальна скляна	0,6	0,94
Плитка облицювальна біла або палева	0,45	0,93
Руберойд з піщаною засипкою	0,9	0,9
Сніговий покрив	0,2	0,89
Сталь листова, пофарбована білою фарбою	0,45	0,9
Сталь листова, пофарбована темно-червоною фарбою	0,8	0,9
Сталь листова, пофарбована зеленою фарбою	0,6	0,9
Сталь покрівельна оцинкована	0,65	0,28
Скло облицювальне	0,7	0,94
Штукатурка вапняна темно-сіра або теракотова	0,7	0,93
Штукатурка цементна світло-блакитна	0,3	0,93
Штукатурка цементна темно-зелена	0,6	0,93
Штукатурка цементна кремова	0,4	0,93

8.11.6 Особливі елементи

Сонячні теплонадходження до некондиціонованого об'єму базуються на тепловому потоку $\Phi_{sol,mn,u,l}$, що враховує еквівалентну площу інсоляції світлопрозорих елементів огороджень некондиціонованого об'єму. Розрахунок повинен базуватися на методиці розділу 8.11, а результуючий тепловий потік використовують у 8.8.2 для розрахунку поправочного коефіцієнту b_U до теплопередачі трансмісією.

Сонячні теплонадходження до приміщення оранжерейного типу для опалювального періоду враховують, як для некондиціонованого об'єму у 8.8.2 при розрахунку поправочного коефіцієнту b_U до теплопередачі трансмісією. Для періоду охолодження приміщення оранжерейного типу не беруть до уваги і сонячні теплонадходження до розрахункової зони визначають згідно методики розділу 8.11. При цьому, не враховують зменшення загального коефіцієнта пропускання сонячної енергії за рахунок огороджень приміщення оранжерейного типу, окрім засобів рухомого затінення або постійних завіс, що використовуються протягом періоду охолодження.

У випадку наявності особливих елементів, таких як непрозорі елементи зі світлопрозорою ізоляцією, вентильовані сонячні стіни (стіни Тромба) тощо розрахунок сонячних теплових надходжень необхідно проводити згідно з додатком Е ДСТУ Б EN ISO 13790.

8.11.7 Елементи затінення

Засоби рухомого затінення

Понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення $F_{\mathrm{sh,gl}}$ розраховують за формулою:

$$F_{\mathrm{sh,gl}} = \frac{\left[\left(1 - f_{\mathrm{sh,with}}\right) g_{\mathrm{gl}} + f_{\mathrm{sh,with}} g_{\mathrm{gl+sh}}\right]}{g_{\mathrm{gl}}}, \tag{8.41}$$

де g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за відсутності сонячного затінення, визначений за формулою (8.39);

$g_{\mathrm{gl+sh}}$ – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за наявності сонячного затінення, визначають множенням g_{gl} на понижувальний коефіцієнт, що залежить від типу рухомого затінення;

$f_{\mathrm{sh,with}}$ – зважені інтервали часу, коли сонячне затінення використовується, наприклад, як функція інтенсивності падаючого сонячного випромінювання (яка залежить від клімату, сезону та орієнтації). Зважені інтервали часу, коли сонячне затінення

використовується $f_{sh,with}$ визначають на основі проектних вхідних даних та погодинних моделей або за фактичним станом. За відсутності конкретних даних необхідно використовувати дані таблиці 8.11.

У випадку переривчастого опалення чи охолодження, коли, згідно 8.13.3, вплив переривчастості враховується в понижувальному коефіцієнті енергопотреб на опалення чи охолодження, вагова частка має розраховуватися за умови постійного режиму опалення чи охолодження, нехтуючи днями із заданим черговим опаленням чи охолодженням та днями з їх відключенням.

Таблиця 8.11

Коефіцієнт використання рухомого затінення

Кліматичний район України *	Місяць	Коефіцієнт затінення $f_{sh,with}$ для відповідного напряму							
		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
I	Червень	0,09	0,00	0,02	0,09	0,27	0,46	0,48	0,36
	Липень	0,08	0,00	0,07	0,18	0,37	0,50	0,49	0,37
	Серпень	0,04	0,00	0,08	0,23	0,36	0,55	0,52	0,35
II	Травень	0,06	0,00	0,00	0,01	0,15	0,37	0,42	0,28
	Червень	0,09	0,00	0,02	0,09	0,27	0,48	0,50	0,38
	Липень	0,08	0,04	0,16	0,27	0,42	0,51	0,51	0,39
	Серпень	0,04	0,00	0,09	0,23	0,45	0,58	0,54	0,37
	Вересень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,35	0,45	0,30
IIIA	Червень	0,02	0,00	0,00	0,03	0,21	0,44	0,44	0,31
	Липень	0,05	0,03	0,02	0,08	0,23	0,40	0,40	0,29
	Серпень	0,03	0,00	0,00	0,05	0,24	0,44	0,45	0,29
IIIБ	Травень	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	0,29	0,30	0,16
	Червень	0,07	0,00	0,02	0,08	0,24	0,42	0,44	0,33
	Липень	0,06	0,03	0,13	0,23	0,35	0,44	0,44	0,32
	Серпень	0,03	0,00	0,08	0,21	0,40	0,52	0,48	0,31
IV, V	Травень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,23	0,27	0,19
	Червень	0,10	0,00	0,07	0,16	0,33	0,49	0,52	0,42
	Липень	0,09	0,17	0,21	0,28	0,32	0,40	0,42	0,31
	Серпень	0,03	0,03	0,14	0,25	0,38	0,44	0,41	0,20
	Вересень	0,00	0,00	0,02	0,15	0,37	0,52	0,47	0,24

Примітка 1. * згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27.

Примітка 2 Для інших місяців, що не увійшли до таблиці $f_{sh,with} = 0$.

Понижувальні коефіцієнти зовнішнього затінення

Понижувальний коефіцієнт зовнішнього затінення $F_{sh,O}$, який знаходиться в межах від 0 до 1, показує зниження кількості падаючого сонячного випромінювання через постійне затінення поверхні, що розглядається, яке спричиняється:

– іншими будівлями;
– топографією (пагорбами, деревами тощо);
– звисами;
– іншими елементами самої будівлі;
– зовнішніми частинами стіни, куди встановлений засклений елемент.

У загальному випадку понижувальний коефіцієнт затінення $F_{sh,O}$ визначають за формулою:

$$F_{sh,O} = \frac{I_{sol,ps,mean}}{I_{sol,mean}}, \tag{8.42}$$

де $I_{sol,ps,mean}$ – середня енергетична освітленість сонячною радіацією поверхні, що розглядається, затінену зовнішнім(и) об'єктом(-ами), Вт/м^2;

$I_{sol,mean}$ – середня енергетична освітленість сонячною радіацією поверхні, що розглядається, при відсутності затінення, Вт/м^2.

За відсутності фактичних даних понижувальний коефіцієнт затінення $F_{sh,O}$ необхідно розраховувати за формулою:

$$F_{sh} = F_{hor} F_{ov} F_{fin}, \tag{8.43}$$

де F_{hor} – частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту, визначають за даними таблиці 8.12;

F_{ov} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів, визначають за даними таблиці 8.13;

F_{fin} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер, визначають за даними таблиць 8.14-1, 8.14-2. Якщо ребра знаходяться з двох боків від вікна, то відповідні значення з таблиць перемножуються.

Таблиця 8.12

Частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту, F'_{hor}

Кут затінення α	Орієнтація							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Опалювальний період								
І архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,98	0,94	0,94	0,96	0,95	0,95	0,99
20°	0,98	0,95	0,86	0,80	0,77	0,81	0,86	0,95
30°	0,95	0,91	0,77	0,63	0,56	0,62	0,77	0,91
40°	0,91	0,86	0,70	0,52	0,41	0,51	0,69	0,86
50°	0,86	0,80	0,63	0,44	0,35	0,44	0,61	0,80
60°	0,80	0,74	0,56	0,39	0,32	0,38	0,55	0,74
ІІ архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,98	0,96	0,95	0,99	0,96	0,95	0,99
20°	0,98	0,95	0,87	0,82	0,83	0,82	0,85	0,95
30°	0,95	0,90	0,78	0,65	0,56	0,65	0,76	0,91
40°	0,91	0,85	0,70	0,52	0,39	0,53	0,68	0,86
50°	0,87	0,80	0,63	0,44	0,33	0,44	0,61	0,8
60°	0,82	0,73	0,56	0,38	0,30	0,37	0,54	0,74
ІІІа архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,98	0,95	0,95	1,00	0,95	0,94	0,98
20°	0,97	0,95	0,87	0,83	0,85	0,82	0,85	0,95
30°	0,94	0,90	0,78	0,66	0,60	0,65	0,76	0,90
40°	0,91	0,85	0,71	0,55	0,45	0,54	0,68	0,85
50°	0,86	0,8	0,63	0,46	0,36	0,45	0,60	0,80
60°	0,80	0,73	0,57	0,40	0,33	0,39	0,54	0,73
ІІІб архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,99	0,95	0,94	0,99	0,95	0,94	0,99
20°	0,98	0,96	0,86	0,80	0,81	0,8	0,84	0,96
30°	0,95	0,92	0,78	0,63	0,56	0,62	0,75	0,91
40°	0,91	0,87	0,70	0,52	0,40	0,50	0,68	0,86
50°	0,86	0,81	0,63	0,43	0,34	0,42	0,61	0,81
60°	0,81	0,75	0,56	0,37	0,31	0,37	0,54	0,75
IV та V архітектурно-будівельні кліматичні райони								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,99	0,96	0,95	1,00	0,96	0,95	0,99
20°	0,98	0,95	0,88	0,84	0,84	0,85	0,87	0,95
30°	0,95	0,91	0,79	0,69	0,53	0,68	0,77	0,91
40°	0,91	0,86	0,71	0,55	0,45	0,54	0,69	0,87
50°	0,86	0,81	0,63	0,45	0,33	0,44	0,61	0,81
60°	0,81	0,74	0,57	0,37	0,3	0,39	0,54	0,75

Кінець таблиці 8.12

Кут затінення α	Орієнтація							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Період охолодження								
І архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,97
20°	0,97	0,99	1,00	0,99	0,98	0,97	0,88	0,88
30°	0,93	0,98	0,99	0,97	0,97	0,89	0,75	0,78
40°	0,89	0,97	0,98	0,95	0,94	0,75	0,63	0,70
50°	0,83	0,95	0,97	0,92	0,91	0,57	0,52	0,61
60°	0,78	0,93	0,96	0,79	0,70	0,42	0,41	0,53
ІІ архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,96
20°	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,89	0,89
30°	0,93	0,98	0,99	0,98	0,97	0,87	0,75	0,79
40°	0,89	0,96	0,97	0,96	0,94	0,73	0,63	0,70
50°	0,85	0,94	0,95	0,92	0,83	0,53	0,52	0,61
60°	0,79	0,92	0,9	0,75	0,64	0,38	0,42	0,53
ІІІа архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97	0,96
20°	0,97	0,99	1,00	0,99	0,98	0,97	0,88	0,88
30°	0,94	0,99	1,00	0,98	0,96	0,91	0,75	0,79
40°	0,89	0,97	1,00	0,96	0,93	0,77	0,63	0,7
50°	0,84	0,96	1,00	0,94	0,90	0,59	0,51	0,61
60°	0,78	0,94	0,99	0,92	0,84	0,44	0,41	0,51
ІІІб архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,97
20°	0,96	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,90	0,90
30°	0,93	0,97	0,98	0,97	0,96	0,92	0,79	0,82
40°	0,89	0,96	0,97	0,95	0,93	0,77	0,66	0,73
50°	0,84	0,93	0,95	0,92	0,90	0,59	0,54	0,65
60°	0,79	0,91	0,92	0,82	0,73	0,44	0,45	0,56
IV та V архітектурно-будівельні кліматичні райони								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,96
20°	0,96	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,87	0,88
30°	0,92	0,98	0,99	0,98	0,97	0,92	0,75	0,8
40°	0,88	0,96	0,98	0,96	0,95	0,80	0,64	0,70
50°	0,83	0,94	0,96	0,93	0,93	0,61	0,52	0,62
60°	0,78	0,92	0,93	0,81	0,84	0,44	0,42	0,53

Примітка 1. Для інших орієнтацій поправочний коефіцієнт затінення горизонту знаходиться інтерполяцією. Примітка 2. Кут затінення горизонту див. рисунок 8.1

Таблиця 8.13

Частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів, F_{ov}

Кут затінення α	Орієнтація							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Опалювальний період								
І архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99
20°	0,94	0,94	0,96	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95
30°	0,88	0,88	0,90	0,94	0,96	0,94	0,90	0,88
40°	0,79	0,79	0,83	0,88	0,92	0,87	0,83	0,79
50°	0,67	0,68	0,73	0,78	0,85	0,78	0,72	0,68
60°	0,54	0,56	0,61	0,64	0,69	0,65	0,60	0,56
ІІ архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99
20°	0,95	0,95	0,96	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95
30°	0,88	0,89	0,90	0,94	0,96	0,93	0,90	0,88
40°	0,79	0,80	0,82	0,87	0,93	0,86	0,82	0,80
50°	0,68	0,70	0,72	0,77	0,86	0,75	0,73	0,70
60°	0,55	0,57	0,60	0,63	0,65	0,61	0,60	0,57
ІІІа архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99
20°	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,97	0,96	0,94
30°	0,88	0,88	0,90	0,93	0,96	0,94	0,89	0,88
40°	0,79	0,80	0,82	0,87	0,91	0,86	0,82	0,79
50°	0,67	0,69	0,72	0,76	0,81	0,76	0,71	0,68
60°	0,54	0,56	0,60	0,61	0,64	0,60	0,59	0,56
ІІІб архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99
20°	0,95	0,95	0,96	0,98	0,98	0,98	0,96	0,95
30°	0,88	0,89	0,91	0,95	0,96	0,93	0,90	0,88
40°	0,79	0,80	0,83	0,88	0,93	0,88	0,83	0,80
50°	0,68	0,69	0,73	0,78	0,85	0,78	0,73	0,69
60°	0,55	0,57	0,61	0,64	0,67	0,63	0,61	0,57
IV та V архітектурно-будівельні кліматичні райони								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99
20°	0,95	0,95	0,96	0,98	0,98	0,98	0,96	0,95
30°	0,88	0,89	0,91	0,95	0,96	0,94	0,91	0,88
40°	0,79	0,80	0,83	0,87	0,93	0,87	0,83	0,8
50°	0,68	0,69	0,72	0,75	0,79	0,75	0,72	0,69
60°	0,56	0,57	0,60	0,58	0,64	0,58	0,60	0,57

Кінець таблиці 8.13

Кут затінення α	Орієнтація							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Період охолодження								
І архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,99	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98
20°	0,95	0,96	0,89	0,89	0,95	0,96	0,95	0,94
30°	0,89	0,91	0,81	0,72	0,66	0,87	0,88	0,87
40°	0,82	0,83	0,75	0,58	0,45	0,72	0,79	0,79
50°	0,72	0,75	0,68	0,51	0,40	0,52	0,66	0,68
60°	0,61	0,65	0,59	0,44	0,34	0,36	0,52	0,56
ІІ архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,98	0,96	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99
20°	0,95	0,94	0,87	0,93	0,95	0,97	0,95	0,94
30°	0,89	0,89	0,75	0,75	0,70	0,90	0,87	0,87
40°	0,82	0,82	0,67	0,55	0,51	0,74	0,78	0,79
50°	0,74	0,74	0,59	0,49	0,39	0,54	0,66	0,68
60°	0,64	0,65	0,52	0,43	0,34	0,37	0,52	0,56
ІІІа архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,99	0,98	0,96	0,99	0,99	0,99	0,98
20°	0,94	0,95	0,94	0,85	0,93	0,97	0,95	0,94
30°	0,88	0,90	0,89	0,73	0,65	0,89	0,88	0,86
40°	0,80	0,83	0,82	0,67	0,50	0,74	0,79	0,78
50°	0,71	0,73	0,73	0,60	0,44	0,55	0,65	0,66
60°	0,60	0,63	0,63	0,51	0,37	0,39	0,50	0,54
ІІІб архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,98	0,99	0,94	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
20°	0,95	0,96	0,85	0,89	0,95	0,96	0,95	0,94
30°	0,89	0,90	0,76	0,70	0,82	0,87	0,88	0,86
40°	0,81	0,83	0,7	0,58	0,48	0,73	0,79	0,77
50°	0,72	0,74	0,62	0,51	0,43	0,53	0,66	0,67
60°	0,61	0,63	0,54	0,44	0,36	0,36	0,51	0,55
IV та V архітектурно-будівельні кліматичні райони								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,97	0,94	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99
20°	0,95	0,93	0,86	0,87	0,91	0,95	0,94	0,93
30°	0,90	0,88	0,72	0,69	0,53	0,83	0,87	0,86
40°	0,83	0,82	0,66	0,54	0,43	0,65	0,77	0,78
50°	0,75	0,75	0,60	0,48	0,39	0,46	0,65	0,68
60°	0,66	0,67	0,54	0,43	0,35	0,33	0,52	0,56

Примітка 1. Для інших орієнтацій поправочний коефіцієнт затінення знаходиться інтерполяцією. Примітка 2. Кут затінення для звисів див. рисунок 8.2, *а*

Таблиця 8.14-1

Частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер зліва від вікна, $F_{\text{fin left}}$

Кут затінення β	Орієнтація							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Опалювальний період								
І архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98
20°	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,95	0,95
30°	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,94	0,90	0,91
40°	0,95	0,96	0,96	0,97	0,95	0,89	0,82	0,87
50°	0,93	0,94	0,95	0,95	0,88	0,82	0,73	0,83
60°	0,90	0,91	0,92	0,92	0,83	0,74	0,66	0,80
ІІ архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
20°	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,95	0,94
30°	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,93	0,89	0,90
40°	0,95	0,96	0,97	0,97	0,95	0,88	0,82	0,85
50°	0,93	0,94	0,95	0,96	0,89	0,8	0,72	0,81
60°	0,91	0,92	0,93	0,92	0,82	0,72	0,64	0,78
ІІІа архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98
20°	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,95	0,95
30°	0,97	0,98	0,98	0,98	0,96	0,94	0,91	0,90
40°	0,95	0,96	0,96	0,97	0,93	0,89	0,83	0,87
50°	0,93	0,94	0,95	0,96	0,87	0,81	0,75	0,83
60°	0,90	0,91	0,93	0,92	0,82	0,74	0,66	0,79
ІІІб архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
20°	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,95	0,95
30°	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,93	0,90	0,91
40°	0,95	0,96	0,97	0,96	0,94	0,88	0,82	0,87
50°	0,93	0,94	0,95	0,95	0,87	0,80	0,73	0,84
60°	0,90	0,92	0,93	0,92	0,82	0,73	0,64	0,81
IV та V архітектурно-будівельні кліматичні райони								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
20°	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,96	0,95
30°	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,94	0,90	0,90
40°	0,95	0,96	0,97	0,97	0,94	0,89	0,82	0,87
50°	0,93	0,94	0,95	0,96	0,89	0,82	0,74	0,83
60°	0,90	0,91	0,92	0,93	0,82	0,74	0,64	0,80

Кінець таблиці 8.14-1

Кут затінення β	Орієнтація							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Період охолодження								
І архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
20°	0,93	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,96
30°	0,89	0,97	0,98	0,99	0,98	0,97	0,95	0,90
40°	0,86	0,95	0,97	0,98	0,97	0,93	0,92	0,81
50°	0,82	0,92	0,95	0,96	0,95	0,90	0,86	0,69
60°	0,78	0,89	0,93	0,95	0,92	0,85	0,80	0,58
ІІ архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20°	0,93	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,95
30°	0,89	0,97	0,98	0,99	0,99	0,98	0,95	0,89
40°	0,86	0,95	0,97	0,98	0,96	0,94	0,90	0,79
50°	0,83	0,92	0,95	0,96	0,93	0,91	0,85	0,67
60°	0,79	0,89	0,94	0,95	0,90	0,87	0,78	0,56
ІІІа архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
20°	0,94	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,96
30°	0,89	0,97	0,98	0,99	0,98	0,98	0,96	0,89
40°	0,86	0,94	0,97	0,98	0,97	0,96	0,92	0,81
50°	0,83	0,92	0,95	0,97	0,96	0,93	0,84	0,70
60°	0,79	0,88	0,93	0,96	0,94	0,90	0,81	0,59
ІІІб архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20°	0,93	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,95
30°	0,89	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,96	0,89
40°	0,86	0,95	0,97	0,97	0,97	0,95	0,92	0,8
50°	0,83	0,92	0,95	0,96	0,95	0,9	0,87	0,7
60°	0,79	0,89	0,93	0,94	0,92	0,86	0,78	0,61
IV та V архітектурно-будівельні кліматичні райони								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20°	0,93	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,96
30°	0,88	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,96	0,89
40°	0,85	0,95	0,96	0,98	0,97	0,96	0,92	0,79
50°	0,82	0,92	0,95	0,96	0,94	0,91	0,87	0,68
60°	0,79	0,89	0,92	0,95	0,90	0,87	0,81	0,55

Примітка 1. Для інших орієнтацій поправочний коефіцієнт затінення знаходиться інтерполяцією. Примітка 2. Кут затінення див. рисунок 8.2, *б*

Таблиця 8.14-2

Частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер справа від вікна, $F_{\text{fin right}}$

Кут затінення β	Орієнтація							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Опалювальний період								
І архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
20°	0,99	0,95	0,95	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
30°	0,97	0,91	0,90	0,94	0,97	0,98	0,98	0,98
40°	0,95	0,87	0,82	0,89	0,95	0,97	0,96	0,96
50°	0,93	0,83	0,73	0,82	0,88	0,95	0,95	0,94
60°	0,90	0,80	0,66	0,74	0,83	0,92	0,92	0,91
ІІ архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20°	0,99	0,94	0,95	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99
30°	0,97	0,90	0,89	0,93	0,97	0,99	0,98	0,98
40°	0,95	0,85	0,82	0,88	0,95	0,97	0,97	0,96
50°	0,93	0,81	0,72	0,80	0,89	0,96	0,95	0,94
60°	0,90	0,78	0,64	0,72	0,82	0,92	0,93	0,92
ІІІа архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20°	0,99	0,95	0,95	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
30°	0,97	0,90	0,91	0,94	0,96	0,98	0,98	0,98
40°	0,95	0,87	0,83	0,89	0,93	0,97	0,97	0,96
50°	0,93	0,83	0,75	0,81	0,87	0,96	0,95	0,943
60°	0,90	0,79	0,66	0,74	0,82	0,92	0,93	0,91
ІІІб архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20°	0,99	0,95	0,95	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99
30°	0,97	0,91	0,9	0,93	0,97	0,98	0,98	0,98
40°	0,95	0,87	0,82	0,88	0,94	0,97	0,97	0,96
50°	0,93	0,84	0,73	0,80	0,87	0,96	0,95	0,94
60°	0,90	0,81	0,64	0,73	0,82	0,93	0,93	0,92
IV та V архітектурно-будівельні кліматичні райони								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20°	0,99	0,95	0,96	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99
30°	0,97	0,90	0,90	0,94	0,97	0,98	0,98	0,98
40°	0,95	0,87	0,83	0,89	0,94	0,97	0,97	0,96
50°	0,93	0,83	0,74	0,82	0,89	0,96	0,95	0,94
60°	0,90	0,80	0,64	0,74	0,82	0,93	0,92	0,91

Кінець таблиці 8.14-2

Кут затінення β	Орієнтація							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Період охолодження								
І архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	1,00	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00
20°	0,99	0,99	0,94	0,96	0,96	0,99	0,99	0,99
30°	0,98	0,98	0,91	0,91	0,91	0,96	0,98	0,98
40°	0,96	0,96	0,87	0,86	0,85	0,91	0,97	0,97
50°	0,95	0,94	0,83	0,80	0,78	0,83	0,95	0,96
60°	0,92	0,92	0,8	0,72	0,71	0,74	0,93	0,94
ІІ архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	0,99	0,97	,00	0,99	1,00	1,00	1,00
20°	0,99	0,98	0,94	0,97	0,95	0,99	0,99	0,99
30°	0,98	0,96	0,90	0,92	0,90	0,97	0,98	0,98
40°	0,96	0,94	0,83	0,87	0,83	0,92	0,97	0,97
50°	0,94	0,92	0,77	0,80	0,76	0,84	0,95	0,95
60°	0,92	0,90	0,71	0,73	0,69	0,75	0,93	0,93
ІІІа архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	1,00	0,99	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00
20°	0,99	0,99	0,97	0,91	0,94	0,99	0,99	0,99
30°	0,98	0,98	0,95	0,86	0,87	0,96	0,98	0,98
40°	0,97	0,97	0,94	0,81	0,80	0,90	0,96	0,97
50°	0,95	0,96	0,92	0,76	0,71	0,81	0,94	0,95
60°	0,93	0,94	0,89	0,72	0,64	0,73	0,92	0,93
ІІІб архітектурно-будівельний кліматичний район								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	1,00	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
20°	0,99	0,99	0,90	0,96	0,95	0,99	0,99	0,99
30°	0,98	0,98	0,87	0,92	0,89	0,97	0,98	0,98
40°	0,97	0,96	0,82	0,85	0,82	0,91	0,96	0,96
50°	0,95	0,95	0,77	0,80	0,76	0,85	0,95	0,94
60°	0,93	0,92	0,74	0,71	0,63	0,76	0,92	0,92
IV і V архітектурно-будівельні кліматичні райони								
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,00	0,98	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
20°	0,99	0,96	0,93	0,96	0,94	0,99	0,99	0,99
30°	0,98	0,94	0,88	0,92	0,88	0,96	0,98	0,98
40°	0,96	0,93	0,81	0,88	0,82	0,89	0,97	0,97
50°	0,94	0,91	0,75	0,81	0,76	0,79	0,95	0,95
60°	0,92	0,89	0,68	0,75	0,70	0,70	0,93	0,93

Примітка 1. Для інших орієнтацій поправочний коефіцієнт затінення знаходиться інтерполяцією. Примітка 2. Кут затінення див. рисунок 8.2, *в*

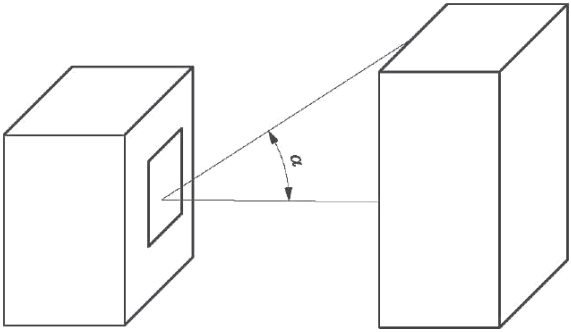


Рис. 8.1 Кут затінення від протилежних будинків та рельєфу, α

а – звіс; *б* – ребро зліва від вікна; в – ребро справа від вікна

Рис. 8.3 Кути затінення від звисів та ребер

Частка площі обрамлення

Частку площі обрамлення необхідно визначати за проектними даними. За відсутності точних даних допускається для спрощення приймати значення частки обрамлення F_F на рівні 0,3 для віконних та дверних блоків та 0,2 для світлопрозорих фасадів будівлі.

8.11.8 Теплове випромінювання в атмосферу

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі Φ_r, Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er},, \quad (8.44)$$

де R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м^2·К/Вт, приймають 0,043 м^2·К/Вт;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м^2·К);

A_c – площа проекції елемента, м^2;

h_r – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/(м^2·К);

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, °С, для помірних широт приймають $\Delta\theta_{er}$ = 11 К.

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні h_r, Вт/(м^2·К), може бути наближено розрахований за формулою:

$$h_r = 4\varepsilon\sigma(\theta_{ss} + 273)^3, \quad (8.45)$$

де ε – коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огородження, приймають згідно з даними таблиці 8.10 або за довідковими даними залежно від її типу;

σ – стала Стефана-Больцмана: σ = 5,67·10^{-8} Вт/(м^2·К^4);

θ_{ss} – середньоарифметичне значення поверхневої температури та температури атмосфери,°С.

При першому наближенні, h_r приймають рівним 5ε Вт/(м^2·К), що відповідає середній температурі 10 °С.

8.12 Динамічні параметри

Динамічний метод моделює теплові опори, теплоємності, теплонадходження від сонця та внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі.

У методиці згідно з цим стандартом, динамічні впливи враховують шляхом введення коефіцієнта використання надходжень для опалення та коефіцієнта використання втрат для охолодження. Вплив інерції у випадку переривчастого опалення чи його вимкнення враховується окремо (розділ 8.13).

8.12.1 Коефіцієнт використання надходжень для опалення

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ – це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти, γ_H, та

числового параметра $a_{\text{Н}}$, який залежить від інерції будівлі, як наведено у формулах (8.46) – (8.49):

якщо $\gamma_{\text{Н}} > 0$ та $\gamma_{\text{Н}} \neq 1$: $$\eta_{H,gn} = \frac{1-\gamma_H{}^{a_H}}{1-\gamma_H{}^{a_H+1}}, \quad (8.46)$$

якщо $\gamma_{\text{Н}} = 1$: $$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H+1}, \quad (8.47)$$

якщо : $\gamma_{\text{Н}<0}$ та $Q_{H,gn} > 0$ $$\eta_{H,gn} = 1/\gamma_H, \quad (8.48а)$$

якщо : $\gamma_{\text{Н}\leq 0}$ та $Q_{H,gn} \leq 0$ $$\eta_{H,gn} = 1 \quad (8.48б)$$

при: $$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}, \quad (8.49)$$

де (для кожного місяця та для кожної зони будівлі):

γ_H – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача для режиму опалення, Вт·год, визначена згідно з 8.7.2;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження для режиму опалення, Вт·год, визначені згідно з 8.7.2;

a_H – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі, τ_H, визначений за формулою:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}, \quad (8.50)$$

де $a_{H,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр, що приймають рівним 1,0;

τ – часова константа зони будівлі, год, визначена згідно з 8.12.3;

$\tau_{H,0}$ – довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год.

8.12.2 Коефіцієнт використання втрат для охолодження

Безрозмірний коефіцієнт використання втрат для охолодження $\eta_{\text{C,ls}}$ – є функцією співвідношення надходжень і втрат теплоти для охолодження γ_{C} та числового параметра a_{C}, який залежить від інерційності будівлі, як наведено у формулах (8.51) – (8.54):

якщо $\gamma_C > 0$, $\gamma_C \neq 1$ та $Q_{C,ht} > 0$: $$\eta_{C,ls} = \frac{1-\gamma_c^{-a_c}}{1-\gamma_c^{-(a_c+1)}}, \quad (8.51а)$$

якщо $\gamma_C > 0$, $\gamma_C \neq 1$ та $Q_{C,ht} \leq 0$: $$\eta_{C,ls} = 1, \quad (8.51б)$$

якщо $\gamma_C = 1$: $$\eta_{C,ls} = \frac{a_c}{a_c+1}, \quad (8.52)$$

якщо $\gamma_C < 0$: $$\eta_{C,ls} = 1, \quad (8.53)$$

при $$\gamma_c = \frac{Q_{C,gn}}{Q_{C,ht}}, \quad (8.54)$$

де (для кожного місяця та для кожної зони будівлі):

γ_c – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму охолодження;

$Q_{C,ht}$ – сумарна теплопередача трансмісією та вентиляцією для режиму охолодження, Вт·год, визначена згідно з 8.7.2;

$Q_{C,gn}$ – сумарні теплонадходження для режиму охолодження, Вт·год, визначені згідно з 8.7.2;

a_c – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи, τ_c, визначений за формулою:

$$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}}, \quad (8.55)$$

де $a_{C,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр, що приймають рівним 1,0;

τ – часова константа зони будівлі, год, визначена згідно з 8.12.3;

$\tau_{C,0}$ – довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год.

8.12.3 Часова константа будівлі

Часова константа зони будівлі τ, год, характеризує внутрішню теплову інерцію кондиціонованої зони, як для періоду опалення, так і для періоду охолодження. Її розраховують за формулою:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}}, \quad (8.56)$$

де C_m – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт·год /К;

$H_{\text{tr,adj}}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К, розраховане згідно з 8.8.2;

$H_{ve,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К, розраховане згідно з 8.9.2;

$H_{ve,extra,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції від нічного та/або природного охолодження, Вт/К, приймають $H_{ve,extra,adj} = 0$ – для режиму опалення та для режиму охолодження за формулою:

$$H_{\text{ve,extra,adj}} = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(\sum_{j=1}^{24} f_{\text{ve,extra},j,k} H_{\text{ve,extra},j,k}\right)}{t}, \tag{8.57}$$

де $H_{\text{ve,extra},j,k}$, $f_{\text{ve,extra},j,k}$ t – те саме, що у формулі (8.23).

Репрезентативні значення $H_{\text{tr,adj}}$ і $H_{ve,adj}$ – є значеннями, що є показовими для домінуючого сезону опалення: місячні величини для січня. $H_{ve,extra,adj}$ – розраховують для кожного місяця.

Внутрішню теплоємність будівлі або зони будівлі, C_m, Вт·год/К, розраховуються за формулою:

$$C_m = C \cdot A_f, \tag{8.58}$$

де C – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Вт·год/(м²·К), приймають згідно з таблицею 8.15;

A_f – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м².

Таблиця 8.15

Національні значення для внутрішньої теплоємності

Клас	C, Вт·год/(м²·К)	Деталізація
Дуже легкий	25	Каркасні будівлі зі стінами полегшеної конструкції – збірно-щитові, каркасно-засипні, каркасно-камишитові, дерев'яні тощо
Легкий	35	Будівлі зі стінами із монолітного шлакобетону, шлакоблоків, блоків з ніздрюватого бетону, черепашнику та інших дрібноштучних виробів із залізобетонними чи дерев'яними перекриттями
Середній	50	Будівлі великопанельні, великоблочні, з цегляними стінами товщиною в одну цеглу, із залізобетонними чи деревними перекриттями
Важкий	80	Капітальні будівлі з цегляними стінами товщиною (1,5-2 цеглини), із залізобетонними перекриттями
Дуже важкий	110	Особливо капітальні будівлі з кам'яними або цегляними стінами (товщиною в 2,5-3,5 цеглини), із залізобетонним чи металевим каркасом, із залізобетонним перекриттям

8.13 Внутрішні умови

8.13.1 Постійне опалення та/або охолодження

Для постійного опалення протягом усього опалювального періоду як єдину задану температуру зони будівлі необхідно використовувати задану температуру для опалення $\theta_{I,H,set}$, °C.

Для постійного охолодження протягом усього періоду охолодження як єдину задану температури зони будівлі необхідно використовувати задану температуру для охолодження $\theta_{I,C,set}$, °C.

Для цілей енергетичної сертифікації та документування дотримання вимогам будівельних норм значення заданих температур для постійного опалення та охолодження наведені в таблиці 8.16.

8.13.2 Квазіпостійне опалення та/або охолодження

Переривчасте опалення та/або охолодження повинні розглядатися як постійне опалення та/або охолодження з урахуванням заданого значення температури, якщо застосовується режим А або режим Б.

Режим А:

Дивись рис.8.4а, рис.8.4б.

Задана температура для розрахунку є осередненою за часом із значень заданих температур для періодів постійного опалення/охолодження та періодів чергового опалення/охолодження, якщо:

– коливання заданої температури між нормальним режимом опаленням чи охолодження та періодами чергового опаленням чи охолодженням менші ніж 3 К та/або,

– часова константа будівлі (див. 8.12.4) менше ніж 0,2 тривалості найкоротшого періоду з черговим режимом опаленням (для опалення) або охолодженням (для охолодження).

У цьому випадку для цілей енергетичної сертифікації та документування дотримання вимогам будівельних норм необхідно використовувати скориговані значення заданої температури для опалення та/або охолодження, що наведені у таблиці 8.16.

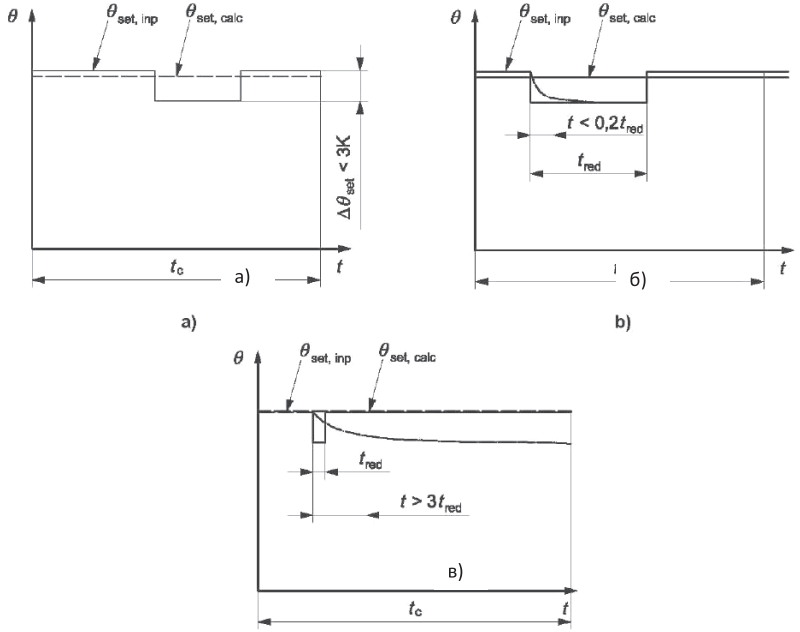
Режим Б:

Дивись рис. 8.4в.

Задана температура для розрахунку є заданою температурою для звичайного (постійного) режиму опалення або охолодження, якщо часова константа будівлі (див. 8.12.4) більша ніж у три рази за тривалість найдовшого періоду з черговим режимом опаленням/охолодження.

У цьому випадку для цілей енергетичної сертифікації та документування дотримання вимогам будівельних норм необхідно використовувати значення заданої температури для постійного опалення та/або охолодження, що наведені у таблиці 8.16.

Коригування для тривалого періоду невикористання (наприклад, свята) визначені згідно з 8.13.5.



$\theta_{set,inp}$ – задана температура, встановлена як вхідні дані;
$\theta_{set,calc}$ – задана температура для розрахунку;
t – час;
t_c – показова частина розрахункового періоду

Рис. 8.4 Приклад квазіпостійного опалення

Аналогічні ілюстрації застосовують для охолодження (зі зниженим заданим значенням вище норми, а не нижче).

8.13.3 Коригування для переривчастості

Опалення

У випадку переривчастого режиму опалення, що не відповідає умовам 8.13.2, енергопотребу для опалення $Q_{H,nd,interm}$, Вт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{H,nd,interm} = \alpha_{H,red} Q_{H,nd,cont}, \quad (8.59)$$

де $Q_{\text{H,nd,cont}}$ – енергопотреба для постійного опалення, Вт·год, розрахована згідно з 8.7.2;

$\alpha_{\text{H,red}}$ – безрозмірний понижувальний коефіцієнт для переривчастого режиму опалення, що розраховують за формулою:

$$\alpha_{\text{H,red}} = 1 - b_{\text{H,red}}(\tau_{\text{H,0}} / \tau)\gamma_{\text{H}}(1 - f_{\text{H,hr}}), \tag{8.60}$$

з мінімальним значенням: $\alpha_{\text{H,red}} = f_{\text{H,hr}}$ і максимальним значенням: $\alpha_{\text{H,red}} = 1$.

де $f_{\text{H,hr}}$ – частка кількості годин на тиждень з нормальним (постійним) заданим режимом опалення (не заданим черговим або відключеним), наприклад, (14·5)/(24·7) = 0,42;

$b_{\text{H,red}}$ – емпіричний коефіцієнт кореляції; приймають $b_{\text{H,red}} = 3$;

τ – часова константа зони будівлі, год, визначена згідно з 8.12.4;

$\tau_{\text{H,0}}$ – довідкова часова константа для режиму опалення, год, визначена згідно з 8.12.2;

γ_{H} – співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення, визначене згідно з 8.12.2.

Коригування для тривалого періоду невикористання (наприклад, свята) визначені згідно з 8.13.5.

Охолодження

У випадку переривчастого режиму охолодження, що не відповідає умовам 8.13.2, енергопотребу для охолодження $Q_{\text{C,nd,interm}}$, Вт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{\text{C,nd,interm}} = a_{\text{C,red}} Q_{\text{C,nd,cont}}, \tag{8.61}$$

де $Q_{\text{C,nd,cont}}$ – енергопотреба для постійного охолодження, Вт·год, розрахована згідно з 8.7.2;

$a_{\text{C,red}}$ – безрозмірний понижувальний коефіцієнт для переривчастого режиму охолодження, що розраховують за формулою:

$$a_{C,red} = 1 - b_{C,red}(\tau_{C,0} / \tau)\gamma_{C}(1 - f_{C,hr}), \tag{8.62}$$

з мінімальним значенням: $a_{C,red} = f_{C,hr}$ і максимальним значенням: $a_{C,red} = 1$.

де $f_{C,hr}$ – частка кількості днів на тиждень з нормальним (постійним) заданим режимом охолодження принаймні в денний час (не заданим черговим або відключеним), наприклад, 5/7= 0,71;

$b_{C,red}$ – емпіричний коефіцієнт кореляції; дорівнює $b_{C,red} = 3$;

τ – часова константа зони будівлі, год, визначена згідно з 8.12.4;

$\tau_{C,0}$ – довідкова часова константа для режиму охолодження, год, визначена згідно з 8.12.2;

γ_C – співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму охолодження, визначене згідно з 8.12.2.

Коригування для тривалого періоду невикористання (наприклад, свята) визначені згідно з 8.13.5.

8.13.4 Задані значення

Значення заданої температури необхідно приймати згідно з проектними даними, але не нижче ніж нормативне значення згідно з Нормами на відповідний тип будівлі. За відсутності точних даних та для цілей енергетичної сертифікації та документування дотримання вимогам будівельних норм необхідно використовувати значення заданої температури згідно з таблицею 8.16.

8.13.5 Коригування для періоду невикористання

У деяких будівлях (дошкільні, загальноосвітні заклади) періоди невикористання протягом опалювального періоду та періоду охолодження, наприклад, святкові дні, призводять до скорочення енергоспоживання при опаленні або охолодженні.

Енергопотреби для опалення та охолодження, з урахуванням періоду невикористання $Q_{H,nd}$ і $Q_{C,nd}$, Вт·год, розраховують наступним чином.

Для місяцю, який має період невикористання, розрахунок виконують двічі:

а) для періоду використання (нормальні налаштування опалення/охолодження) та

б) для налаштувань періоду невикористання.

Потім проводять лінійну інтерполяцію залежно від часової частки режиму невикористання порівняно до режиму обслуговування, за формулами:

$$Q_{H,nd} = (1 - f_{H,nocc}) Q_{H,nd,occ} + f_{H,nocc} Q_{H,nd,nocc}, \quad (8.63)$$

$$Q_{C,nd} = (1 - f_{C,nocc}) Q_{C,nd,occ} + f_{C,nocc} Q_{C,nd,nocc}, \quad (8.64)$$

де $Q_{H,nd,occ}$ – енергопотреба для опалення, Вт·год, розрахована згідно 8.7.2 (або $Q_{H,nd,cont}$ або $Q_{H,nd,interm}$), припускаючи, що у всі дні місяця регулювання та налаштування автоматичного регулятора температури повітря в приміщенні (наприклад, терморегулятора на опалювальному приладі) відповідають налаштуванням періоду використання;

$Q_{C,nd,occ}$ – енергопотреба для охолодження, Вт·год, розрахована згідно 8.7.2 (або $Q_{C,nd,cont}$ або $Q_{C,nd,interm}$), припускаючи, що у всі дні місяця регулювання та налаштування автоматичного регулятора температури повітря в приміщенні (наприклад, термостата фанкойла) відповідають налаштуванням періоду використання;

$Q_{H,nd,nocc}$ – енергопотреба для опалення, Вт·год, розрахована згідно 8.7.2 (або $Q_{H,nd,cont}$ або $Q_{H,nd,interm}$), припускаючи, що у всі дні місяця регулювання та налаштування терморегулятора відповідають налаштуванням періоду невикористання;

$Q_{C,nd,nocc}$ – енергопотреба для охолодження, Вт·год, розрахована згідно 8.7.2 (або $Q_{C,nd,cont}$ або $Q_{C,nd,interm}$), припускаючи, що у всі дні місяця регулювання та налаштування термостата відповідають налаштуванням періоду невикористання;

$f_{H,nocc}$ – частка місяця з періодом невикористання опалення (наприклад, 10/31);

$f_{C,nocc}$ – частка місяця з періодом невикористання охолодження (наприклад, 10/31).

Таблиця 8.16

Значення заданої, чергової та скоригованої температури

Вхідні дані	Призначення будівлі											
	Одноквартирні будинки	Багатоквартирні будинки, гуртожитки	Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	Будівлі учбових закладів	Будівлі дитячих дошкільних закладів	Будівлі закладів охорони здоров'я	Готелі	Ресторани	Спортивні заклади	Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних установ	Інші види будівель
Внутрішня задана температура опалення, °С	20	20	20	20	22	22	20	20	18	20	20	20
Температура чергового режиму опалення, °С	17	17	17	17	20	20	17	17	15	17	17	17
Скоригована температура опалення, °С	19	19	19	19	21	21	19	19	17	19	19	19
Графік опалення, (год/тиждень) [1)]	112	112	50	50	50	168	168	84	84	84	56	60
Внутрішня задана температура охолодження, °С [2)]	26	26	24	24	26	22	24	24	24	23	24	24
Температура чергового режиму охолодження, °С	26	26	27	27	26	27	27	27	27	26	27	27
Скоригована температура охолодження, °С	26	26	25	25	26	24	25	25	25	25	25	25
Графік охолодження, (год/тиждень) [3)]	112	112	50	50	50	168	168	84	84	84	56	60

[1)] – кількість годин на тиждень зі нормальним (постійним) опаленням до заданої температури

[2)] – значення температури використовують для розрахунку енергопотреби для охолодження. Максимальна допустима температура у приміщенні вища на 2-3 °С.

[3)] – кількість годин на тиждень зі нормальним (постійним) охолодженням до заданої температури

8.14 Річні енергопотреби для опалення та охолодження

8.14.1 Річні енергопотреби для опалення та охолодження зони будівлі

Річні енергопотреби для опалення та охолодження даної зони будівлі $Q_{\mathrm{H,nd,an}}$ і, $Q_{\mathrm{C,nd,an}}$, кВт·год, розраховують за формулою (8.65) шляхом складання розрахованої енергопотреби за кожний місяць:

$$Q_{H,nd,an} = \sum_i Q_{H,nd,i} / 1000 \quad \text{та} \quad Q_{C,nd,an} = \sum_i Q_{C,nd,i} / 1000, \tag{8.65}$$

де $Q_{\mathrm{H,nd},i}$ – енергопотреба для опалення зони, що розглядається, для і-го місяця, Вт·год, визначена згідно з 8.7.2;

$Q_{\mathrm{C,nd},i}$ – енергопотреба для охолодження зони, що розглядається, для і-го місяця, Вт·год, визначена згідно з 8.7.2.

Якщо результати розрахунків $Q_{\mathrm{H,nd},i}$ або $Q_{\mathrm{C,nd},i}$ для певного місяця не перевищують значення в 0,1 кВт·год/м^2, то допускається результат для даного місяця приймати рівним 0.

8.14.2 Річні енергопотреби для опалення та охолодження для комбінації систем

При розрахунку мультизони, річні енергопотреби для опалення та охолодження для даної комбінації систем опалення, охолодження та вентиляції, що обслуговують різні зони $Q_{\mathrm{H,nd,an},zs}$ і $Q_{\mathrm{C,nd,an},zs}$ розраховують як суму енеропотреб за зонами, *zs*, які обслуговуються однією і тією ж комбінацією систем, згідно з формулами:

$$Q_{H,nd,an,zs} = \sum_z Q_{H,nd,an,z} \quad \text{та} \quad Q_{C,nd,an,zs} = \sum_z Q_{C,nd,an,z}, \tag{8.66}$$

де $Q_{\mathrm{H,nd,an},z}$ – річна енергопотреба для опалення z-ої зони, яка обслуговується однією і тією ж комбінацією систем, кВт·год, визначена згідно з 8.14.1;

$Q_{\mathrm{C,nd,an},z}$ – річна енергопотреба для охолодження z-ої зони, що обслуговується однією і тією ж комбінацією систем, кВт·год, визначена згідно з 8.14.1.

Якщо результати розрахунків $Q_{\mathrm{H,nd,an},z}$ або $Q_{\mathrm{C,nd,an},z}$ для певного місяця не перевищують значення в 0,1 кВт·год/м^2, то допускається результат для

даного місяця приймати рівним 0.

8.15 Енергопотреби гарячого водопостачання

Для цілей сертифікації енергоефективності згідно з нормативними вимогами необхідно використовувати питомі енергопотреби ГВП на 1 м^2 кондиціонованого об'єму будівлі, що наведені у таблиці 8.17. Для інших цілей необхідно використовувати метод на основі припущення щодо необхідного обсягу ГВП залежно від типу будівлі, типу системи (тупікова, циркульована), її теплогідравлічної збалансованності, цільового призначення та фактичного використання.

Таблиця 8.17

Питомі річні енергопотреби ГВП

Тип будівлі	кВт·год/м^2
Одноквартирні будинки	15
Багатоквартирні житлові будівлі, гуртожитки	20
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	10
Будівлі учбових закладів	10
Будівлі дитячих дошкільних закладів	15
Будівлі закладів охорони здоров'я	30
Готелі* (на 10 % більше для кожної зірочки)	25
Ресторани	60
Спортивні заклади	80
Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	10
Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних установ	10
Інші види будівель, товарні склади	1,5

8.16 Приклад визначення енергопотреби при опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні житлового будинку

8.16.1 Область застосування та мета розрахунку

Приклад розроблено згідно з вимогами ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 та ДСТУ Б EN ISO 13790.

Мета розрахунку – надати приклад того, як використовують основні вхідні дані та рівняння для розрахунку енергопотреби при опаленні, охолодженні та ГВП.

8.16.2 Опис будівлі

Об‘єкт розрахунку – житловий будинок, що запроектований у м. Києві за адресою_____ .

Будинок односекційний, має 25 житлових поверхів, технічне підпілля та холодне горище. Загальна кількість квартир – 124. Загальна висота будинку 72,8 м. Висота типового поверху – 2,8 м. У будинку передбачено одну сходову клітка та три підйомні ліфти. План типового поверху наведено на рисунку 8.5. Орієнтація будівлі – за основними напрямами (фасад будівлі з головним входом, що орієнтований на північ).

Площі зовнішніх огороджень будинку приведені в таблиці 8.18.

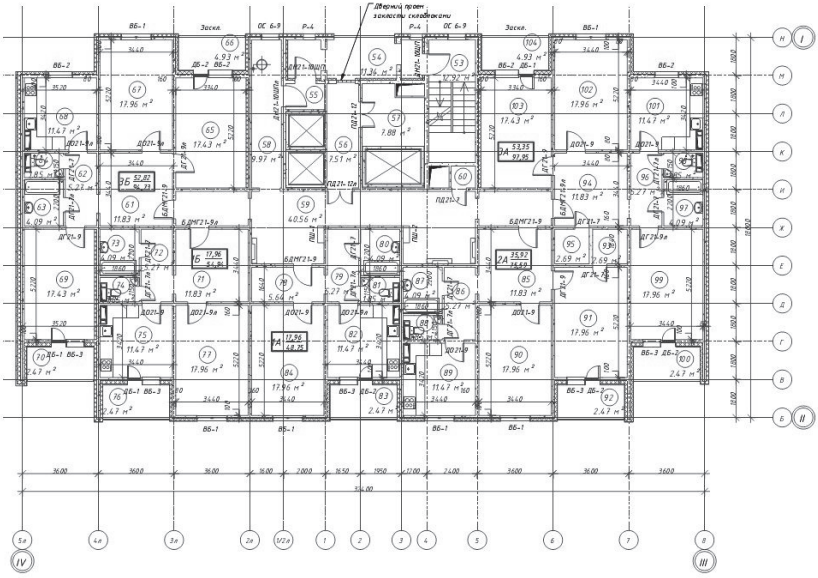


Рис. 8.5 План типового поверху будинку

Таблиця 8.18

Площі зовнішніх огороджень будинку

Ч.ч.	Вид огороджувальної конструкції	Загальна площа, м^2
1	Зовнішні стіни	7330
2	Суміщене покриття	60
3	Перекриття холодного горища	415
4	Перекриття над техпідпіллям	475
5	Світлопрозорі конструкції орієнтовані на: - північ - схід - південь - захід	940 392,5 – 547,5 –
6	Вхідні двері в будинок	10

8.16.3 Зонування будівлі при розрахунку

Згідно з 6.2.2.2 ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 (примітка 2) розподіл будівлі на теплові зони не здійснюється. Розрахунок проводиться однозонний.

Кондиціонована площа будівлі становить $A_f = 11855$ м^2.

8.16.4 Характеристики теплопередачі трансмісії

Для розрахунку прийнято, що приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій відповідає нормативним вимогам ДБН 8.16.2.6-31. Значення приведеного опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій приведені в таблиці 8.19.

Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією визначені згідно з 8.8.2 та наведені в таблиці 8.19. Значення узагальнених коефіцієнтів теплопередачі трансмісією визначені, як для режиму опалення так і для режиму охолодження.

При розрахунках теплопередачі через світлопрозорі елементи ефект нічної ізоляції не враховувався.

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі до ґрунту визначався згідно з методикою 5.7. Приклад розрахунку наведено 5.14.10.

Коефіцієнти теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об’єми визначались з урахуванням поправочних коефіцієнтів, що приймались згідно з таблицею 8.3.

Вплив теплопровідних включень у даному прикладі визначався згідно з формулою (8.21) шляхом додавання до значення коефіцієнтів

теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій додаткової складової, значення якої приймались згідно з таблицею 8.4.

Таблиця 8.19

Характеристики теплопередачі трансмісії

Ч. ч.	Вид огороджувальної конструкції	A_i, м^2	R_Σ, м^2·К/Вт	U, Вт/(м^2·К)	ΔU_{tb}, Вт/(м^2·К)	$b_{tr,x,H}$	$b_{tr,x,C}$	$H_{x,H}$, Вт/К	$H_{x,C}$, Вт/К
1	Зовнішні стіни	7330	3,3	0,30	0,15	1	1	3321	3321
2	Суміщене покриття	60	5,35	0,19	0,15	1	1	20	20
3	Перекриття холодного горища	415	4,95	0,20	0,15	0,9	0	135	0
4	Перекриття над техпідпіллям	475	1,0	1,0	0	1	1	233	233
5	Світлопрозорі конструкції	442,5	0,75	1,33	–	1	1	590	590
6	Світлопрозорі конструкції за заскленими балконами та лоджіями	497,5	0,75	1,33	–	0,85	1	564	663
7	Вхідні двері	10	0,5	2,0	–	1	1	20	20

$H_{tr,adj,H} = H_D + H_g + H_U + H_A = 3321+20+135+233+590+564+20 = 4882$ Вт/К.
$H_{tr,adj,C} = H_D + H_g + H_U + H_A = 3321+20+135+233+590+663+20 = 4847$ Вт/К.

Сумарна теплопередача трансмісією розрахована згідно з формулами (8.9) та (8.10) для кожного місяця і приведена в таблиці 8.22 для режиму опалення та в таблиці 8.23 для режиму охолодження.

8.16.5 Характеристики теплопередачі вентиляцією

Для розрахунку прийнято, що система вентиляції житлового будинку відповідає вимогам ДБН 8.16.2.5-67 і передбачає наявність засобів для регулювання за потребою у системах механічної загальнообмінної вентиляції. Даний технічний принцип забезпечується підключенням системи живлення витяжного вентилятора у санвузлі до вимикача освітлення – вентилятор починає працювати тільки за наявності людей и даному приміщенні (включення світла) та вимикається при їх відсутності (виключення світла). У кухні витяжний вентилятор підключений до системи керування, яка спрацьовує за сигналом датчика концентрації CO_2.

Величина повітрообміну при вентиляції включаючи інфільтрацію прийнята на рівні мінімального значення кратності повітрообміну для багатоквартирних житлових будинків з урахуванням положень п.8.9.2 і складає: 0,8 год$^{-1}$ ·0,8 = 0,64 год$^{-1}$.

Наявність теплоутилізаційних установок в системі вентиляції будівлі не передбачено.

Додаткова складова вентиляції за рахунок природного охолодження та нічної вентиляції протягом періоду охолодження прийнята на рівні 20% від загальної величини повітрообміну приміщень.

Центрального попереднього підігріву та охолодження вентиляційного повітря не передбачено.

Значення загального коефіцієнту теплопередачі вентиляцією становлять:

– для опалювального періоду $H_{ve,adj,H}$ = 6023 Вт/К;
– для періоду охолодження $H_{ve,adj,C}$ = 7227 Вт/К.

Сумарна теплопередача вентиляцією розрахована згідно з формулами (8.22) та (8.23) для кожного місяця і приведена в таблиці 8.22 для режиму опалення та в таблиці 8.23 для режиму охолодження.

8.16.6 Характеристики внутрішніх теплонадходжень

Згідно з даною методикою до уваги прийняті наступні теплонадходження: внутрішній тепловий потік від людей, внутрішній тепловий потік від обладнання, внутрішній тепловий потік від освітлення. Відповідно загальна сумарна величина усередненого теплового потоку приймається згідно з таблицею 6 і становить Φ_{int} = 5,8 Вт/м^2.

Значення внутрішніх теплонадходжень для кожного місяця приведені в таблиці 8.21. Наведені значення розраховані за формулою (8.35) з урахуванням графіку використання згідно з таблицею 8.6 та характеристиками періоду невикористання згідно з таблицею 8.7.

8.16.7 Характеристики сонячних теплонадходжень

Світлопрозорі конструкції, через які до будинку надходять сонячні теплонадходження розташовані лише з північного та південного фасадів. Середньомісячна сонячна радіація на відповідні площини визначена згідно з додатком М і приведена в таблиці 8.21.

Світлопрозорі конструкції, що використовуються для засклення будинку – віконні та балконні блоки на основі ПВХ-профілів із заскленням двокамерними склопакетами з енергозберігаючим покриттям на внутрішньому склі. Для даного типа скління коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння згідно з таблицею 8.7 становить g_n = 0,58. Відповідно, загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини визначають згідно з формулою (8.39) і становить g_{gl} = 0,9·0,58 = 0,52.

Площа світлопрозорих конструкцій згідно з проектними даними становить:

– на північному фасаді – $A_{W,Пн}$ = 392,5 м^2;
– на південному фасаді – $A_{W,Пд}$ = 547,5 м^2.

Частка обрамлення приймається згідно з 8.11.4 і становить F_F = 0,3.

В якості рухомих засобів затінення передбачено, що використовуються білі венеціанські жалюзі зсередини вікон низької ефективності (понижувальний коефіцієнт згідно з таблицею 8.9 дорівнює 0,45).

Відповідно, понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення визначають згідно з формулою (8.41). При цьому, g_{gl+sh} = 0,52·0,45 = 0,23, коефіцієнт затінення $f_{sh,with}$ визначають згідно з таблицею 8.11 для відповідного місяця та відповідного напрямку.

Тоді, $F_{sh,gl}$ становить:

Місяць	$F_{sh,gl}$	
	Пн	Пд
Червень	0,95	0,85
Липень	0,96	0,79
Серпень	0,98	0,80

Для інших місяців року $F_{sh,gl}$ = 1.

Понижувальний коефіцієнт затінення зовнішніми перешкодами визначається згідно з 8.11.4. Прийнято, що будівля затінюється тільки від власних елементів (звисів та ребер). Кут затінення від звисів α = 30° (згідно з рис. 8.3а), кут затінення від ребер зліва та справа становить β = 40° (згідно з рис. 8.3б, 8.3в).

Згідно з таблицями 8.13, 8.14-1, 8.14-2, поправочні коефіцієнти затінення становлять:

	Опалювальний період		Період охолодження	
	Пн	Пд	Пн	Пд
F_{ov}	0,88	0,96	0,89	0,66
$F_{fin\ left}$	0,95	0,95	0,86	0,97
$F_{fin\ right}$	0,95	0,95	0,96	0,85

Еквівалентна площа інсоляції вікон $A_{sol,w}$ з урахуванням понижувальних коефіцієнтів затінення зовнішніми перешкодами F_{sh} розрахована за формулою (8.38) та наведена в таблиці 8.20.

Непрозорі елементи, які піддаються інсоляції, – це зовнішні стіни чотирьох фасадів та покрівля. Площа непрозорих елементів згідно з проектними даними становить:

– на північному фасаді – $A_{Пн}$ = 3100 м^2;

– на східному фасаді – $A_{Сх}$ = 865 м^2;
– на південному фасаді – $A_{Пд}$ = 2500 м^2;
– на західному фасаді – $A_{Зх}$ = 865 м^2;
– покриття – $A_{пк}$ = 60 м^2.

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів A_{sol} розрахована за формулою (8.40) та наведена в таблиці 8.20. При цьому, безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною згідно з таблицею 8.10 становить: $\alpha_{S,нп}$ = 0,4 – для кремової штукатурки та $\alpha_{S,пк}$ = 0,9 – для руберойду.

Теплове випромінювання в атмосферу від непрозорих елементів розраховують згідно з 8.11.5 з урахуванням коефіцієнту форми між елементом будівлі та небосхилом. Результати розрахунків приведено в таблиці 8.20.

Загальний тепловий потік від сонячних теплонадходжень розрахований згідно з формулою (8.35) та наведений в таблиці 8.20. Теплонадходження від сонця до будинку розраховані за формулою (8.36) та наведені в таблиці 8.21.

8.16.8 Динамічні параметри

Сумарна теплопередача та теплові надходження розраховані згідно з формулами (8.7) та (8.8) і приведені в таблиці 8.22 для режиму опалення та в таблиці 8.23 для режиму охолодження.

Часова константа будівлі характеризує внутрішню теплову інерцію будівлі. Будівля є важкою, відповідно згідно з таблицею 8.15 внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить C = 80 Вт·год/(м²·K).

Внутрішня теплоємність будівлі розрахована згідно з формулою (8.58) і становить: C_m = 80·11855 = 948400 Вт·год/K.

Часова константа будівлі розраховується за формулою (8.56) і становить:

– для режиму опалення $\tau = \dfrac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}} = \dfrac{948400}{4882 + 6023} = 87$ год;

– для режиму охолодження

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}} = \frac{948400}{4847 + 7227} = 79 \text{ год.}$$

Таблиця 8.20

Елементи сонячних теплонадходжень A_{sol}, м^2

Місяць року	Параметр									
	$A_{sol,w} \cdot F_{sh}$, м^2		A_{sol}, м^2					$A_{sol,w} \cdot F_{sh} \cdot I_{sol}$, Вт	$\Phi_r \cdot F_r$, Вт	Φ_{sol}, Вт
	Пн	Пд	Пн	Сх	Пд	Зх	Гор.			
Січень	138	183	16	4	13	4	0,4	11999	2496	9503
Лютий	138	183	16	4	13	4	0,4	17760	2496	15264
Березень	138	183	16	4	13	4	0,4	23591	2496	21095
Квітень	138	183	16	4	13	4	0,4	24758	2496	22262
Травень	134	143	16	4	13	4	0,4	25171	2496	22675
Червень	127	122	16	4	13	4	0,4	23583	2496	21087
Липень	128	114	16	4	13	4	0,4	22234	2496	19738
Серпень	131	115	16	4	13	4	0,4	20279	2496	17783
Вересень	134	143	16	4	13	4	0,4	20944	2496	18448
Жовтень	138	183	16	4	13	4	0,4	17978	2496	15482
Листопад	138	183	16	4	13	4	0,4	9496	2496	7000
Грудень	138	183	16	4	13	4	0,4	8379	2496	5883

Таблиця 8.21

Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і сонячних тепло надходжень

Місяць року	Параметр								
	θ_e, °C	t, год	$I_{sol,Пн}$ Вт/м^2	$I_{sol,Сх}$ Вт/м^2	$I_{sol,Пд}$ Вт/м^2	$I_{sol,Зх}$ Вт/м^2	$I_{sol,гор}$ Вт/м^2	Q_{sol}, кВт·год	Q_{int}, кВт·год
Січень	-4,7	744	13	21	50	22	32	7070	34104
Лютий	-3,6	672	24	36	70	38	59	10258	30804
Березень	1,0	744	35	58	90	61	101	15694	34104
Квітень	9,0	720	39	77	92	73	149	16029	33004
Травень	15,2	744	56	104	101	99	211	16870	34104
Червень	18,3	720	67	111	96	105	228	15183	33004
Липень	19,8	744	61	108	98	104	220	14685	34104
Серпень	19,0	744	40	93	106	89	185	13230	34104
Вересень	13,9	720	29	70	102	66	130	13283	33004
Жовтень	8,1	744	19	38	75	37	71	11519	34104
Листопад	1,9	720	11	17	39	17	31	5040	33004
Грудень	-2,5	744	9	14	35	15	22	4377	34104

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ розрахований для кожного місяця згідно з формулами (8.46)-(8.49) на

підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти γ_H і числового параметра a_H наведений у таблиці 8.22.

Безрозмірний числовий параметр a_H визначається за формулою (8.50) і становить:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{87}{15} = 6{,}8$$

Безрозмірний коефіцієнт використання втрат для охолодження $\eta_{C,ls}$ розрахований для кожного місяця згідно з формулами (8.51)-(8.54) на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти γ_C і числового параметра a_C наведений у таблиці 8.23.

Безрозмірний числовий параметр a_C визначається за формулою (8.55) і становить:

$$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} = 1 + \frac{79}{15} = 6.2$$

8.16.9 Внутрішні умови

Задана температура на опалення будівлі визначена за формулою (8.1) на підставі заданих розрахункових температур повітря внутрішніх приміщень, прийнятих згідно з ДБН 8.16.2.2-15, і становить $\theta_{int,H.set}$ = 19,1 ºС.

Задана температура на охолодження прийнята згідно з таблицею 8.16 і становить $\theta_{int,C.set}$ = 26 ºС.

8.16.10 Енергопотреби для опалення та охолодження

Енергопотреби для опалення розраховані для кожного місяця згідно з формулою (8.3) та приведені в таблиці 8.22. Енергопотреби для охолодження розраховані для кожного місяця згідно з формулою (8.5) та приведені в таблиці 8.23. Значення в таблицях приведені з урахуванням п.8.14.1.

Річні енергопотреби для опалення та охолодження будівлі розраховані згідно з формулами (8.65).

8.16.11 Енергопотреби ГВП

Питомі річні енергопотреби ГВП прийняті згідно з таблицею 8.17 і становлять для багатоквартирного житлового будинку 20 кВт·год/м^2.

Загальні енергопотреби ГВП становлять:

$$Q_{DHW,need} = 20 \text{ кВт·год/м}^2 \cdot A_f = 20 \cdot 11855 = 237100 \text{ кВт·год}.$$

Результати на річній основі представлені в таблиці 8.24.

Таблиця 8.22

Розрахунок енергопотреби для опалення

Місяць року	Параметр								
	$Q_{H,tr}$, кВт·год	$Q_{H,ve}$, кВт·год	$Q_{H,ht}$, кВт·год	$Q_{H,sol}$, кВт·год	$Q_{H,int}$, кВт·год	$Q_{H,gn}$, кВт·год	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$, кВт·год
Січень	86454	106649	193103	7070	34104	41175	0,21	1,00	151929
Лютий	74478	91876	166354	10258	30804	41062	0,25	1,00	125295
Березень	65749	81107	146855	15694	34104	49799	0,34	1,00	97077
Квітень	35505	43798	79303	16029	33004	49033	0,62	0,985	31000
Травень	14167	17476	31643	16870	34104	50975	1,61	0,611	0
Червень	2812	3469	6281	15183	33004	48187	7,67	0,130	0
Липень	-2543	-3137	-5679	14685	34104	48790	-8,59	-0,116	0
Серпень	363	448	811	13230	34104	47335	58,3	0,017	0
Вересень	18280	22550	40829	13283	33004	46287	1,13	0,811	0
Жовтень	39958	49291	89249	11519	34104	45623	0,51	0,995	43860
Листопад	60464	74588	135051	5040	33004	38045	0,28	1,00	97012
Грудень	78462	96790	175253	4377	34104	38481	0,22	1,00	136773
Всього за рік									682945

Таблиця 8.23

Розрахунок енергопотреби для охолодження

Місяць року	Параметр								
	$Q_{C,tr}$, кВт·год	$Q_{C,ve}$, кВт·год	$Q_{C,ht}$, кВт·год	$Q_{C,sol}$, кВт·год	$Q_{C,int}$, кВт·год	$Q_{C,gn}$, кВт·год	γ_C	$\eta_{C,ls}$	$Q_{C,nd}$, кВт·год
Січень	110715	165081	275797	7070	34104	41175	0,15	0,15	0
Лютий	96418	143763	240181	10258	30804	41062	0,17	0,17	0
Березень	90159	134431	224590	15694	34104	49799	0,22	0,22	0
Квітень	59330	88464	147795	16029	33004	49033	0,33	0,33	0
Травень	38949	58074	97023	16870	34104	50975	0,53	0,52	0
Червень	26873	40069	66942	15183	33004	48187	0,72	0,69	1915
Липень	22359	33339	55698	14685	34104	48790	0,88	0,80	4298
Серпень	25245	37641	62885	13230	34104	47335	0,75	0,72	2283
Вересень	42229	62966	105195	13283	33004	46287	0,44	0,44	0
Жовтень	64554	96253	160806	11519	34104	45623	0,28	0,28	0
Листопад	84110	125411	209521	5040	33004	38045	0,18	0,18	0
Грудень	102781	153251	256033	4377	34104	38481	0,15	0,15	0
Всього за рік									8497

Таблиця 8.24

Звіт за результатами розрахунків

Енергетичні послуги	Енергоспоживання, кВт·год	Енергоносій									
		Теплота	Нафта	Природний газ	Вугілля	Централізоване теплопостачання	Централізоване холодопостачання	Деревина	Електроенергія	Відновлювані *	нші, що виробляються н місці
Опалення	Енергопотреба для опалення	682945									
	Енергопотреба для центрального попереднього підігріву вентиляційного повітря										
	Енергоспоживання при опаленні										
	Енергоспоживання при центральному попередньому підігріві										
	Додаткове енергоспоживання при опаленні										
	Додаткове енергоспоживання при центральному попередньому підігріві										
	Загальне енергоспоживання при опаленні										
Охолодження	Енергопотреба для охолодження (в т.ч. осушення повітря)	8497									
	Енергопотреба для центрального попереднього охолодження вентиляційного повітря (в т.ч. осушення повітря)										
	Енергоспоживання при охолодженні (в т.ч. осушення повітря)										
	Енергоспоживання при центральному попередньому охолодженні (в т.ч. осушення повітря при попередньому охолодженні)										
	Додаткове енергоспоживання при охолодженні										
	Додаткове енергоспоживання при центральному попередньому охолодженні										
	Загальне енергоспоживання при охолодженні										
Вентиляція	Енергопотреба для зволоження вентиляційного повітря										
	Енергоспоживання вентиляторів, блоків управління та рекуператорів теплоти										
	Загалом енергоспоживання при вентиляції (в т.ч. зволоження повітря)										
ГВП	Енергопотреба ГВП	237100									
	Енергоспоживання ГВП										
	Додаткове енергоспоживання ГВП										
	Загальне енергоспоживання ГВП										
Освітлення	Енергоспоживання при освітленні										
Інші послуги	Енергоспоживання іншими послугами										
Загалом		928542									

Питання для самоперевірки

1. Енергетичний баланс будівлі.
2. Зони будівлі при розрахунку енергопотреби для опалення та/або охолодження.
3. Методика розрахунку енергопотреби для опалення та охолодження будівлі.
4. Складові теплопередачі трансмісією.
5. Складові теплопередачі вентиляцією.
6. Внутрішні теплонадходження.
7. Сонячні теплонадходження.
8. Річні енергопотреби для опалення та охолодження.

9 ТЕПЛОВА ІНЕРЦІЯ ОГОРОДЖЕНЬ

Теплова інерція – це здатність матеріалу накопичувати і повертати тепло або холод. Теплова інерція сприяє підвищенню комфорту в будинку взимку і влітку та зменшує витрати енергії на опалення і кондиціонування. Якщо теплову інерцію не брати до уваги, то вона буде основною причиною високих витрат на опалення і зниження якості проживання. Тому важливо враховувати можливості різних матеріалів з точки зору теплової інерції з моменту проектування нового будинку.

На величину теплової інерції впливають декілька фізичних властивостей матеріалу.

Одна з них – теплоємність. Кількість тепла, яке може накопичити матеріал відносно своєї ваги або об'єму. В основному, чим масивніше і щільніше матеріал, тим більше його об'ємна теплоємність. Наприклад, бетон і камінь – матеріали з високою масою і щільністю. Вони дійсно мають високу здатність накопичувати тепло.

Теплоємність матеріалу не є єдиним параметром. Насправді, важливо знати, як тепло проникає і зберігається в матеріалі, і з якою швидкістю. Саме тому, щоб визначити теплову інерцію потрібно звернути увагу на іншу фізичну властивість – ефузивність. Це швидкість, з якою змінюється температура поверхні матеріалу. Чим більше це значення, тим швидше матеріал нагрівається і охолоджується. Якщо ми покладемо руку на метал, який має високу ефузивність, то будемо відчувати холод до тих пір, доки температура поверхні матеріалу не буде дорівнювати температурі нашої руки.

Третій параметр – диффузивність – характеризує швидкість поширення тепла не тільки по поверхні, але і всередині матеріалу. Чим вона вища, тим швидше матеріал повністю нагрівається або охолоджується.

Теплова інерція є комбінацією цих властивостей. Відбувається в уповільненому режимі або з фазовим зсувом між зміною зовнішньої і внутрішньої температурами. Розглянемо масивну не утеплену стіну. Якщо зовні холодно, необхідно деякий час, щоб стіна прийняла холодну температуру, зберегла її і віддала всередину приміщення. І, навпаки, якщо ми її нагріваємо зсередини, необхідно час, перш ніж стіна поглине тепло з приміщення і в свою чергу нагріється повністю.

Розглянемо явище зсуву фаз на прикладі літнього садового будинку з легкими не утепленими стінами. Помістимо один термометр зовні, а інший всередині будинку і накреслимо отримані криві температур (див. рисунок 9.1).

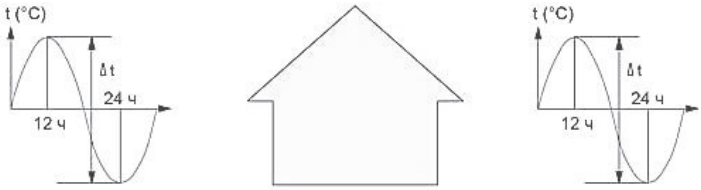


Рис.9.1 Явище зсуву фаз на прикладі літнього садового будинку з легкими не утепленими стінами

Ми бачимо, що крива температури всередині будинку практично повністю повторює криву ззовні, вони змінюються одночасно. Через легкість матеріалу стін невеликої товщини і велику ефузивність холод або тепло ззовні швидко проникають всередину приміщення. Зовнішня і внутрішня температури практично однакові протягом доби. Інерції практично не існує. Вся енергія, споживана на нагрівання або охолодження будинку, буде негайно втрачена.

Щоб температура всередині приміщення була більш комфортною для проживання потрібно утеплити стіни (див. рисунок 9.2).

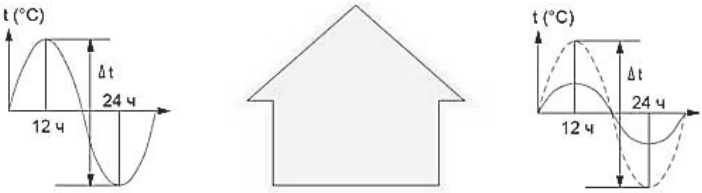


Рис. 9.2 Явище зменшення амплітуди коливань температури внутрішнього повітря у будинку з утепленими стінами

Зміна внутрішньої температури повторила графік руху температури ззовні, але з меншою амплітудою. Зміна відбувається з тією ж швидкістю, тоді як внутрішня і зовнішня температури відрізняються в кілька градусів. Температурний розрив стає можливим завдяки утепленню. Так поводиться «легкий» каркасний будинок.

Якщо ж побудувати масивні стіни з бетону, замінивши листові дерев'яні щити, то теплова інерція буде значно підвищуватися, що призведе зміщення фаз (див. рисунок 9.3).

Рис.9.3 Явище зміщення фази коливання температури у будинку з бетонними стінами

Протягом усієї доби внутрішня температура буде змінюватися услід за зовнішньою, але із затримкою в кілька годин завдяки інерції стін.

Додавши до важких стін зовнішнє утеплення, будинок зможе об'єднати в собі обидві переваги: зниження амплітуди температур за рахунок утеплення, і зміщення фаз завдяки інерції матеріалу, з якого зроблені стіни (див. рисунок 9.4).

Рис.9.4 Явище зниження амплітуди та зміщення фази коливання температури у будинку з бетонними утепленими стінами

Оптимальним періодом температурного зсуву вважається 12-13 годин.

З точки зору теплової інерції таким же ефектом володіють однорідні кам'яні стіни з теплих керамічних блоків (див. рисунок 9.5).

Рис. 9.5 Явище зниження амплітуди та зміщення фази коливання температури у будинку з однорідні кам'яні стіни з теплих керамічних блоків

Теплової інерції D огородження є величиною безрозмірною. Вона визначається за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot S_{i\,p}\,, \tag{9.1}$$

де R_i – термічний опір шарів матеріалу, $м^2 \cdot К/Вт$, визначається за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}\,, \tag{9.2}$$

де δ_i – товщина матеріалу *i*-го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу *i*-го шару конструкції, $Вт/(м \cdot К)$;

$S_{i\,p}$–розрахунковий коефіцієнт теплозасвоєння *i*-го шару конструкції, $Вт/(м^2 \cdot К)$, визначається за формулою:

$$S_{i\,p} = 0{,}27\sqrt{\lambda_{ip} \cdot \rho_{io}(c_{io} + 0{,}0417\omega_i)}\,, \tag{9.3}$$

де ρ_{io} – густина матеріалу *i*-го шару конструкції, $кг/м^3$;

c_{io}– питома теплоємкість матеріалу *i*-го шару конструкції, $кДж/(кг \cdot К)$;

ω_i – вміст вологи за масою *i*-го шару конструкції, %.

Задача 9.1 *Визначити теплову інерцію цегляної кладки товщиною 0,38 м якщо теплопровідність кладки* $\lambda_p = 0{,}81\ Вт/(м \cdot К)$, *густина* $\rho_o = 1800\ кг/м^3$, *питома теплоємкість* $c_o = 0{,}88\ кДж/(кг \cdot К)$, *вміст вологи за масою* $\omega = 2\ \%$.

Визначаємо теплову інерцію цегляної кладки за формулою:

$$D = R_i \cdot S_p = 0{,}469 \times 10{,}12 = 4{,}75\,,$$

де R_i *– теплова інерція цегляної кладки,* $м^2 \cdot К/Вт$, *визначаємо за формулою:*

$$R_i = \frac{\delta}{\lambda_p} = \frac{0{,}38}{0{,}81} = 0{,}469\ м^2 \cdot \frac{К}{Вт},$$

S_p *– коефіцієнт теплозасвоєння цегляної кладки,* $Вт/(м^2 \cdot К)$, *визначаємо за формулою:*

$$S_p = 0{,}27\sqrt{\lambda_p \cdot \rho_o(c_o + 0{,}0417\omega)} =$$

$$= 0{,}27\sqrt{0{,}81 \times 1800(0{,}88 + 0{,}0417 \times 2)} = 10{,}12\ Вт/(м^2 \cdot К)\ ,$$

Задача 9.2 *Визначити мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції промислового будинку розташованого у І-й температурній зоні, якщо товщина огородження* $\delta = 0{,}25\ м$, *теплопровідність матеріалу огородження* $\lambda_p = 0{,}81\ Вт/(м \cdot К)$, *коефіцієнт теплозасвоєння* $S_p = 10{,}12$ Вт/(м^2 · К).

Визначаємо теплову інерцію огородження за формулою:

$$D = R_i \cdot S_p = 0{,}309 \times 10{,}12 = 3{,}1\ ,3\ ,$$

де R_i *– коефіцієнт теплозасвоєння огородження,* $Вт/(м^2 \cdot К)$, *визначаємо за формулою:*

$$R_i = \frac{\delta}{\lambda_p} = \frac{0{,}25}{0{,}81} = 0{,}309\ м^2 \cdot К/Вт\ ,$$

Так як $D = 3{,}13 > 1{,}5$ *то за табл. 5.6* $R_{g.min} = 1{,}7\ м^2 \cdot К/Вт$.

Питання для самоперевірки

1. Фізичний зміст теплової інерції.
2. Фізичний зміст коефіцієнта теплозасвоєння матеріалу.
3. Який вплив теплова інерція огородження здійснює на вибір мінімально допустимого значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції промислового будинку.
4. Які величини впливають на теплову інерцію огородження.

Задачі для самостійного рішення

Задача 9.3 *Визначити коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу, якщо густина матеріалу* $\rho_o = 75\ кг/м^3$, *теплопровідність матеріалу* $\lambda_p = 0{,}062\ Вт/(м \cdot К)$, *питома теплоємкість* $c_o = 0{,}84\ кДж/(кг \cdot К)$, *вміст вологи за масою* $\omega = 5\ \%$.

Задача 9.4 *Визначити теплову інерцію огородження товщиною 0,51 м якщо теплопровідність матеріалу огородження* $\lambda_p = 0{,}81\ Вт/(м \cdot К)$, *коефіцієнт теплозасвоєння* $S_p = 10{,}12\ Вт/(м^2 \cdot К)$.

10 ТЕПЛОСТІЙКІСТЬ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Нестаціонарний тепловий режим приміщень і огороджувальних конструкцій формується під впливом змінних у часі зовнішніх теплових (температура зовнішнього повітря, сонячна радіація) й внутрішніх (нерівномірна віддача теплоти системою опалення, технологічним устаткуванням) впливів.

Ступінь впливу на амплітуду коливання температури внутрішнього повітря та температуру внутрішніх поверхонь зовнішніх огороджень залежить не тільки від зовнішніх і внутрішніх періодичних впливів, але й теплостійкості огороджень та приміщення в цілому.

Під теплостійкістю варто розуміти властивість огороджувальної конструкції зберігати відносну сталість температури на поверхні зверненої в приміщення при періодичних змінах температури зовнішнього або внутрішнього повітря.

У спрощеному вигляді цю властивість можна проілюструвати, звернувши увагу на тепловий режим будинку з масивними «товстими» зовнішніми огородженнями і будинки з легкими «тонкими» зовнішніми огородженнями в спекотний період року.

У першому випадку ми відчуваємо стабільний тепловий режим приміщення при відсутності різких коливань температури протягом доби й перегріву будинку, у другому – значні коливання температури протягом доби і перегрів будинку.

10.1 Нормативні вимоги у розрахунку показників теплостійкості

Для житлових та громадських будинків, навчальних та лікувальних установ обов'язкове виконання умов:

- теплостійкості в літній період року зовнішніх огороджувальних конструкцій:

$$A_{\tau_в} \leq 2{,}5\ ℃\,, \qquad (10.1)$$

- теплостійкості в зимовий період року температури приміщень:

$$A_{t_в} \leq 1{,}5\ ℃\,, \qquad (10.2)$$

де $A_{\tau_в}$ – амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих огороджувальних конструкцій,℃;

$A_{t_в}$ – амплітуда коливань температури внутрішнього повітря, °С, що розраховуються згідно ДСТУ-Н Б В.2.6-190, або визначаються експериментально згідно з ДСТУ Б В.2.6-100.

Теплостійкість огороджувальних конструкцій у літній період року дозволяється не перевіряти при виконанні будь-якої з наступних умов:

– середня температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця менше ніж 21 °С;

– зовнішня стіна, що розглядається, має теплову інерцію більше ніж 4;

– покриття, що розглядається, має теплову інерцію більше ніж 5.

За наявності в будинку системи опалення з автоматичним регулюванням температури внутрішнього повітря теплостійкість приміщень в холодний період року не визначають.

10.2 Методика визначення амплітуди коливань температури внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій при оцінці їх теплостійкості у літній період року

Коливання температури зовнішнього повітря (дія сонячної радіації, добова зміна температури зовнішнього повітря) ставлять додаткові вимоги до температурного режиму огороджувальних конструкцій у літній період.

Експлуатаційні якості огороджувальних конструкцій у значній мірі залежать від величини коливання температури на їх внутрішній поверхні. При значній амплітуді коливання температури внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції у літній час може мати місце періодичне підвищення температури внутрішнього повітря з подальшою віддачою тепла всередину будинку та перегрівом його приміщень. Для оцінки показників комфорту мікроклімату в приміщені розраховують теплостійкість внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій.

Метою розрахунку є надання огороджувальним конструкціям необхідних теплозахисних якостей, що гарантують підтримування практично постійної температури на внутрішній поверхні конструкції при періодичній зміні параметрів зовнішнього середовища.

Теплостійкість огороджувальних конструкцій визначають такі показники:

– амплітуда коливань температури зовнішнього повітря $A_{t_{з.роз}}$, °С;

– величина затухання амплітуди коливань температури зовнішнього повітря ν;

– коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу окремих шарів S, Вт/(м^2 · К).

Алгоритм визначення теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період наведено на рис. 10.1

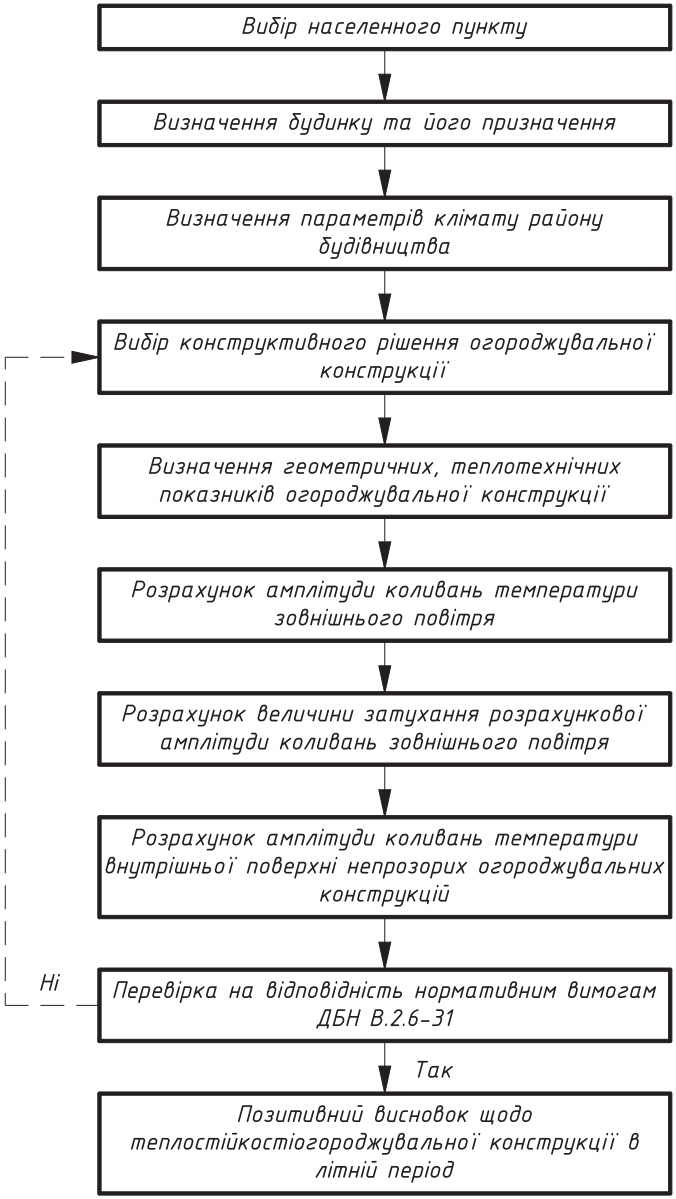


Рис. 10.1 Алгоритм визначення теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період

Розрахунок амплітуди коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих конструкцій, $A_{\tau_в}$, °С, виконується за формулою:

$$A_{\tau_в} = \frac{A_{t_{зроз}}}{\nu}, \tag{10.3}$$

де $A_{t_{зроз}}$ – розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря, °С, що визначається за формулою:

$$A_{t_{зроз}} = A_{t_з} + \frac{\chi\left(I_{max} - I_{ср}\right)}{\alpha_{з.л}}, \tag{10.4}$$

ν – величина затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря $A_{t_{зроз}}$ в огороджувальній конструкції, що визначається за формулою:

$$\nu = 0{,}9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}}\frac{(S_1 + \alpha_в)(S_2 + Y_1)\ldots(S_n + Y_{n-1})(\alpha_{з.л} + Y_n)}{(S_1 + Y_1)(S_n + Y_2)\ldots(S_n + Y_n)\alpha_{з.л}}, \tag{10.5}$$

де $A_{t_з}$ – максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні, °С, приймається згідно із додатком В або таблицею 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27;

χ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, визначається за табл. 10.1.

I_{max}, $I_{ср}$ – відповідно максимальне і середнє значення сумарної сонячної радіації (прямої і розсіяної), Вт/м^2, прийняті згідно із додатком Т або [33], табл. 14-17 для зовнішніх стін – як для вертикальних поверхонь західної орієнтації і для покриття – як для горизонтальної поверхні;

$\alpha_{з.л}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції за літніми умовами, Вт/(м^2 · К), визначається за формулою:

$$\alpha_{з.л} = 1{,}16\left(5 + 10\sqrt{v}\right), \tag{10.6}$$

де v – мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, м/с, повторюваність яких складає 16 % і більше, прийнята згідно із додатком Г або [33], табл. 6, але не менше 1 м/с;

D – теплова інерція огороджувальної конструкції, що визначається за формулою:

$$D = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} S_i, \tag{10.7}$$

Таблиця 10.1

Коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції (табл. Б.1, [35])

Матеріал зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції	Коефіцієнт поглинання сонячної радіації χ
Алюміній матовий	0,52
Алюміній полірований	0,26
Азбест білий	0,42
Азбестоцементні листи	0,65
Асфальтобетон	0,9
Бетони	0,7
Вапняк світлий шліфований	0,35
Вапняк темний	0,50
Граніт світло-сірий полірований	0,8
Дерево нефарбоване	0,6
Захисний шар рулонної покрівлі зі світлого гравію	0,65
Мармур сірий шліфований	0,3
Мармур темний шліфований	0,65
Облицювання природним каменем білим	0,45
Пофарбування вапняне біле	0,3
Пофарбування силікатне темно-сіре	0,7
Плитка облицювальна біла або палева	0,45
Плитка керамічна	0,8
Плитка облицювальна скляна	0,6
Руберойд із піщаною посипкою	0,9
Скло облицювальне	0,7
Сталь листова, пофарбована білою фарбою	0,45
Сталь листова, пофарбована зеленою фарбою	0,6
Сталь листова, пофарбована темно-червоною фарбою	0,8
Сталь покрівельна оцинкована	0,65
Толь чорний	0,87
Фарби масляні: зелень смарагдова	0,61
кармін світлий, червоний	0,52
кобальт зелений світлий	0,58
кобальт фіолетовий	0,83
марс коричневий	0,65
охра золотиста	0,61
охра червона	0,63
ультрамарин синій	0,64
Цегла глиняна світло-коричнева	0,55
Цегла глиняна червона	0,7
Цегла керамічна	0,7
Цегла силікатна	0,6
Цегла силікатна глазурована	0,26
Штукатурка вапняна темно-сіра або теракотова	0,7
Штукатурка цементна світло-блакитна	0,3
Штукатурка цементна кремова	0,4
Штукатурка цементна темно-зелена	0,6

S_1, S_2, … , S_n – розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння матеріалу окремих шарів огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), приймаються за додатком А або [18], таблицею А.1 для умов експлуатації А; для повітряних прошарків $S_i = 1$;

Y_1, Y_1, … , Y_{n-1}, Y_n – коефіцієнти теплозасвоєння зовнішньою поверхнею окремих шарів огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), що визначаються за наступними вказівками.

Порядок нумерації шарів у формулі (10.5) приймається у напрямку від внутрішньої поверхні конструкції до зовнішньої.

Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні шару, Y, Вт/(м^2 · К), з тепловою інерцією $D \geq 1$ треба приймати рівним розрахунковому коефіцієнту теплозасвоєння S матеріалу цього шару конструкції за додатком А або [18],таблицею А.1.

Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні шару Y з тепловою інерцією $D \geq 1$ визначають розрахунком, починаючи з першого шару (розраховуючи від внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції):

а) для першого шару – за формулою:

$$Y_1 = \frac{R_1 \times S_1^2 + \alpha_в}{1 + R_1 \times \alpha_в}, \tag{10.8}$$

б) для *i*-го шару – за формулою:

$$Y_i = \frac{R_i \times S_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_1 \times Y_{i-1}}, \tag{10.9}$$

де R_1, R_i – термічні опори відповідно першого та і-го шарів огороджувальної конструкції, $м^2 \cdot К/Вт$, що визначаються за формулами:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1},$$
$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

Покращити теплостійкість огороджувальних конструкцій у літній період року можливо за рахунок:

– збільшення теплового опору огороджувальних конструкцій;

– збільшення теплової інерції огороджувальної конструкції;

– використання в багатошаровій огороджувальній конструкції масивних матеріалів ближче до її внутрішньої поверхні;

– застосування конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з

вентильованим повітряним прошарком згідно з ДСТУ Б В.2.6-35;

– застосування замкнених повітряних прошарків;

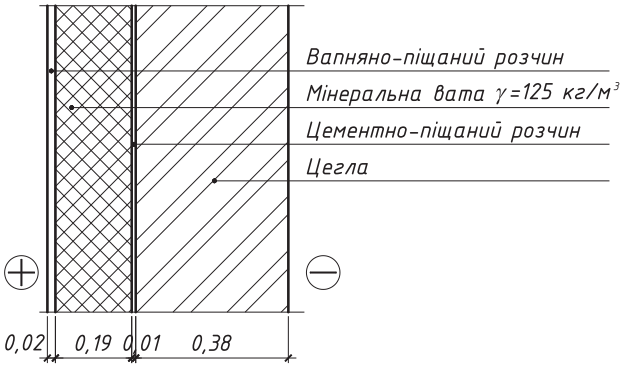
– зниження коефіцієнта поглинання сонячної радіації зовнішніх поверхонь огороджувальних конструкцій завдяки пофарбуванню їх у світлі тони;

– екранування зовнішніх огороджувальних конструкцій від сонячної радіації сонцезахисними пристроями, зеленими насадженнями тощо.

Задача 10.1 *Визначити теплостійкість зовнішньої стіни житлового будинку у літній період року при таких вихідних даних:*

- *район будівництва – м. Полтава;*
- *призначення будівлі – лікувальна.*

Розрахункова схема



Визначаємо амплітуду коливань температури внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції за формулою:

$$A_{\tau_в} = \frac{A_{t_{зроз}}}{\nu} = \frac{26{,}2}{1008} = 0{,}03\ ℃,$$

де $A_{t_{зроз}}$ *– розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря,* ℃*, що визначається за формулою:*

$$A_{t_{зроз}} = A + \frac{\chi\left(I_{max} - I_{ср}\right)}{\alpha_{з.л}} = 8{,}9 + \frac{0{,}7(772 - 186)}{23{,}8} = 26{,}2\ ℃,$$

де $A_{t_з}$ *– максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні, ℃, приймається згідно із додатком В або [33], табл. 2:*

$$A_{t_з} = 8{,}9\ ℃$$

χ *– коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, визначається за таблицею10.1 або табл. Б.1, [35]:*

$$\chi = 0{,}7$$

$I_{max}, I_{ср}$ *– відповідно максимальне і середнє значення сумарної сонячної радіації (прямої і розсіяної),* $Вт/м^2$*, прийняті згідно зі додатком Т або [33], табл. 14-17для зовнішніх стін – як для вертикальних поверхонь західної орієнтації і для покриття – як для горизонтальної поверхні:*

$$I_{max} = 772\ Вт/м^2;\ I_{ср} = 186\ Вт/м^2\ ,$$

$\alpha_{з\,л}$ *– коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції за літніми умовами,* $Вт/(м^2 \cdot К)$*, визначається за формулою:*

$$\alpha_{з\,л} = 1{,}16\left(5 + 10\sqrt{v}\right) = 1{,}16\left(5 + 10\sqrt{2{,}4}\right) = 23{,}8\ Вт/(м^2 \cdot К)\ ,$$

де v *– мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, м/с, повторюваність яких складає 16 % і більше, прийнята згідно з додатком Г або [33], табл. 6, але не менше 1 м/с:*

$$v = 2{,}4\ м/с\ ,$$

ν *– величина затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря* $A_{t_{зроз}}$ *в огороджувальній конструкції, що визначається за формулою:*

$$\nu = 0{,}9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}}\frac{(S_1 + \propto_в)\left(S_{ут} + Y_1\right)(S_3 + Y_2)(S_4 + Y_3)(\alpha_{з\,л} + Y_4)}{(S_1 + Y_1)\left(S_{ут} + Y_2\right)(S_3 + Y_3)(S_4 + Y_4)\alpha_{з\,л}} =$$

$$= 0{,}9 \times 2{,}718^{\frac{7{,}68}{\sqrt{2}}} \times$$

$$\times \frac{(9{,}6 + 8{,}7)(0{,}73 + 9{,}053)(8{,}69 + 0{,}73)(9{,}2 + 1{,}79)(23{,}8 + 9{,}2)}{(9{,}6 + 9{,}053)(0{,}73 + 0{,}73)(8{,}69 + 1{,}79)(9{,}2 + 9{,}2)23{,}8} =$$

$$= 1008\ ,$$

де $e = 2{,}718$ *– основа натуральних логарифмів;*

D – теплова інерція огороджувальної конструкції, що визначається за формулою:

$$D = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} S_i = \frac{\delta_1}{\lambda_1} S_1 + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} S_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} S_3 + \frac{\delta_4}{\lambda_4} S_4 =$$
$$= \frac{0{,}02}{0{,}76} 9{,}6 + \frac{0{,}19}{0{,}06} 0{,}73 + \frac{0{,}01}{0{,}7} 8{,}69 + \frac{0{,}38}{0{,}7} 9{,}2 = 7{,}68\,,$$

де δ_i *– товщини шарів огороджувальної конструкції, м;*

λ_i *– теплопровідність матеріалу шарів огороджувальної конструкції в розрахункових умовах експлуатації,* $Вт/(м \cdot К)$*, що приймають за додатком А або [18], табл. А1 для умов експлуатації А;*

$S_1, S_2, \ldots, S_n$ *– розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння матеріалу окремих шарів огороджувальної конструкції,* $Вт/(м^2 \cdot К)$*, приймаються за додатком А або [18], табл. А1для умов експлуатації А;*

$\alpha_в$ *– коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції,* $Вт/(м \cdot °С)$*, приймаємо за таблицею 4.1 дод. Б [18]:*

$$\alpha_в = 8{,}7\ Вт/(м^2 \cdot К)\,,$$

$Y_1, Y_2, \ldots, Y_n$ *– коефіцієнти теплозасвоєння зовнішньою поверхнею окремих шарів огороджувальної конструкції,* $Вт/(м^2 \cdot К)$*.*

Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні шару, Y, $Вт/(м^2 \cdot К)$*, з тепловою інерцією* $D \geq 1$ *треба приймати рівним розрахунковому коефіцієнту теплозасвоєння S матеріалу цього шару конструкції.*

Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні шару Y з тепловою інерцією $D < 1$ *визначають розрахунком, починаючи з першого шару (розраховуючи від внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції):*

а) для першого шару – за формулою:

$$Y_1 = \frac{R_1 \times S_1^2 + \alpha_в}{1 + R_1 \times \alpha_в},$$

б) для $i-$ *го шару – за формулою:*

$$Y_i = \frac{R_i \times S_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_1 \times Y_{i-1}},$$

Розрахунок коефіцієнтів теплозасвоєння зовнішньої поверхні шарів Y виконуємо у наступній послідовності:

1. За додатком А або [18], табл. А1визначаємо розрахункові теплопровідності матеріалів шарів огороджувальної конструкції для умов експлуатації А:

- вапняно-піщаний розчин $\lambda_1 = 0{,}76\ Вт/(м \cdot К)$;

- мінеральна вата $\lambda_{ут} = 0{,}06\ Вт/(м \cdot К)$;

- цементно-піщаний розчин $\lambda_3 = 0{,}7\ Вт/(м \cdot К)$;

- цегла $\lambda_4 = 0{,}7\ Вт/(м \cdot К)$.

2. За додатком А або [18], табл. А1 визначаємо розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння матеріалів шарів огороджувальної конструкції для умов експлуатації А:

- вапняно-піщаний розчин $S_1 = 9{,}6\ Вт/(м \cdot К)$;

- мінеральна вата $S_{ут} = 0{,}73\ Вт/(м \cdot К)$;

- цементно-піщаний розчин $S_3 = 8{,}69\ Вт/(м \cdot К)$;

- цегла $S_4 = 9{,}2\ Вт/(м \cdot К)$.

3. Визначаємо термічні опори шарів огороджувальної конструкції за формулами:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0{,}02}{0{,}76} = 0{,}026\ м^2 \cdot К/Вт\ ,$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0{,}19}{0{,}06} = 3{,}167\ м^2 \cdot К/Вт\ ,$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0{,}01}{0{,}7} = 0{,}014\ м^2 \cdot К/Вт\ ,$$

$$R_4 = \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} = \frac{0{,}38}{0{,}7} = 0{,}543\ м^2 \cdot К/Вт\ ,$$

4. Визначаємо теплову інерцію шарів огороджувальної конструкції за формулами:

$$D_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} S_1 = \frac{0{,}02}{0{,}76} 9{,}6 = 0{,}253\ ,$$

$$D_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} S_2 = \frac{0{,}19}{0{,}06} 0{,}73 = 2{,}312\ ,$$

$$D_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} S_3 = \frac{0{,}01}{0{,}7} 8{,}69 = 0{,}124\ ,$$

$$D_4 = \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} S_{ут} = \frac{0{,}38}{0{,}7} 9{,}2 = 4{,}994\ ,$$

5. Визначаємо коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні 1-го шару огороджувальної конструкції

так як $D_1 = 0{,}253 < 1$ *тоді:*

$$Y_1 = \frac{R_1 \times S_1^2 + \alpha_в}{1 + R_1 \times \alpha_в} = \frac{0{,}026 \times 9{,}6^2 + 8{,}7}{1 + 0{,}026 \times 8{,}7} = 9{,}05\ Вт/(м^2 \cdot К)\,,$$

6. Визначаємо коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні 2-го шару огороджувальної конструкції

так як $D_2 = 2{,}311 > 1$ *тоді:*

$$Y_2 = S_2 = 0{,}73\ Вт/(м^2 \cdot К)\,,$$

7. Визначаємо коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні 3-го шару огороджувальної конструкції

так як $D_3 = 0{,}124 < 1$ *тоді:*

$$Y_3 = \frac{R_3 \times S_3^2 + Y_2}{1 + R_3 \times Y_2} = \frac{0{,}014 \times 8{,}69^2 + 0{,}73}{1 + 0{,}014 \times 0{,}73} = 1{,}79\ Вт/(м^2 \cdot К)\,,$$

8. Визначаємо коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні 4-го шару огороджувальної конструкції

так як $D_4 = 4{,}994 > 1$ *тоді:*

$$Y_4 = S_4 = 9{,}2\ Вт/(м^2 \cdot К)\,,$$

За п.10.1 для житлових та громадських будинків, навчальних та лікувальних установ амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих огороджувальних конструкцій в літній період року повинна бути не більше 2,5 °С.

Так як $A_{\tau_в} = 0{,}03\ °С \leq 2{,}5\ °С$ *то теплостійкість огородження забезпечена.*

10.3 Методика визначення амплітуди коливань температури повітря приміщення при оцінці теплостійкості в зимовий період

Значні коливання температур повітря в зимовий період року та робота опалювальних пристроїв можуть спричинити різкі перепади температури в приміщенні. Для забезпечення комфортного мікроклімату приміщення в зимовий період року необхідно розраховувати його теплостійкість.

Метою розрахунку є надання огороджувальним конструкціям необхідних теплозахисних якостей, що гарантують підтримування у приміщенні практично постійної комфортної температури повітря при періодичній зміні параметрів зовнішнього та внутрішнього середовища.

Теплостійкість приміщення визначають такі показники:

– амплітуда коливань температури приміщення $A_{t_в}$,°C;
– коефіцієнт теплопоглинання Bj, $Bm/(м^2 \cdot K)$;
– коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу окремих шарів S, $Bm/(м^2 \cdot K)$.

Алгоритм визначення теплостійкості приміщень у зимовий період наведено на рис. 10.2.

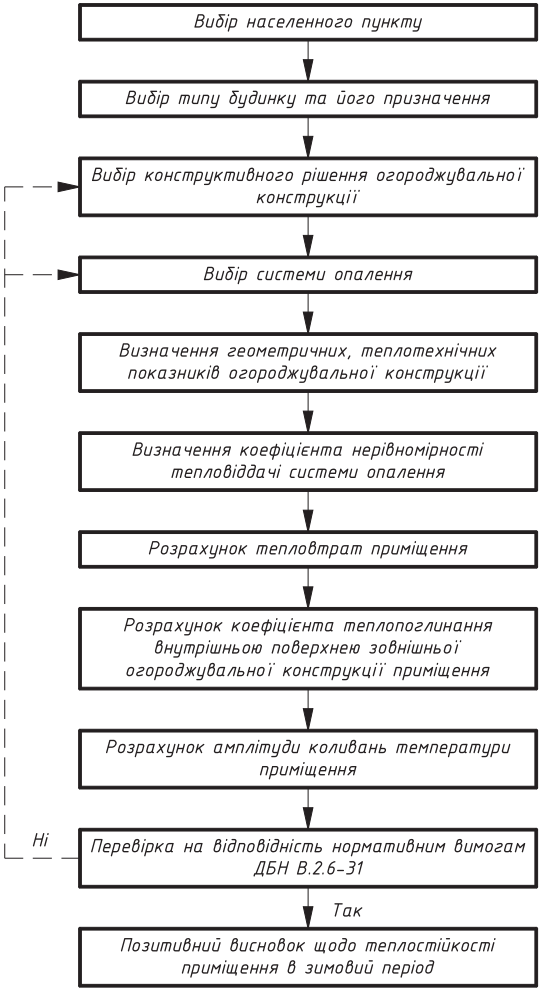


Рис. 10.2 Алгоритм визначення теплостійкості приміщень у зимовий період

Амплітуда коливань температури приміщення, $A_{t_в}$, °С, розраховується за формулою:

$$A_{t_в} = \frac{0{,}7Q_{пр} \cdot m}{\sum_{j=1}^{K} B_j \cdot F_j}, \qquad (10.10)$$

де $Q_{пр}$ – тепловтрати приміщення, Вт, що визначаються згідно з формулою (10.12);

m – коефіцієнт нерівномірності тепловіддачі системи опалення, приймається згідно з табл.10.2;

Таблиця 10.2

Коефіцієнт нерівномірності тепловіддачі систем опалення (табл. 1, [35])

Тип опалення	m
Водяне опалення будівель з безперервним обслуговуванням	0,1
Опалення з використанням малотеплоємних приладів:	
а) нагрівання приладів опалення на протязі 18 год., з перервою - 6 год.	0,8
б) нагрівання приладів опалення на протязі 12 год., з перервою 12 год.	1,4
в) нагрівання приладів опалення на протязі 6 год., з перервою 18 год.	2,2
Поквартирне водяне опалення (час обслуговування 6 год.)	1,5
Пічне опалення теплоємними печами під час топлення їх один раз на добу:	
- товщина стінок печі у 1/2 цегли	від 0,4 до 0,9*
- товщина стінок печі у 1/4 цегли	від 0,7 до 1,4*

Менше значення m відповідає масивним печам, більше – менш масивним легким печам. При топці печей 2 рази на добу величину m треба зменшувати у 2,5 – 3 рази для печей з товщиною у 1/2 цегли, та у 2-2,3 рази – при товщині у 1/4 цегли.

F_j – площа внутрішньої поверхні j-й зовнішньої огороджувальної конструкції, м^2;

K – кількість зовнішніх огороджувальних конструкцій у приміщенні;

B_j – коефіцієнт теплопоглинання, Вт/(м^2 · К), внутрішньою поверхнею j-й зовнішньої огороджувальної конструкції приміщення, що визначається за формулою:

$$B_j = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_в} + \frac{1}{Y_в}}, \qquad (10.11)$$

де $Y_в$ – коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні огородження, Вт/(м^2 · К), визначається за формулами (10.15–10.17);

$\alpha_в$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкцій, Вт/(м^2 · К), що приймається згідно з таблицею 4.1.

Тепловтрати приміщення $Q_{пр}$, $Вт$, розраховуються за формулою:

$$Q_{пр} = Q_{теп} + Q_{інф}, \qquad (10.12)$$

де $Q_{теп}$ – тепловтрати приміщення через теплоізоляційну оболонку, Вт, визначаються згідно з формулою (10.13);

$Q_{інф}$ – тепловтрати приміщення за рахунок інфільтрації, Вт, визначаються згідно з формулою (10.14).

Тепловтрати приміщення через теплоізоляційну оболонку $Q_{теп}$ визначаються за формулою:

$$Q_{теп} = (t_{вн} - t_{зов}) \left[\sum_{j=1}^{n} \frac{F_j}{R_{\Sigma j\ ін} \cdot k} + \frac{F_{сп}}{R_{\Sigma сп}} \right], \qquad (10.13)$$

де $t_{вн}$ – температура повітря в приміщенні, °С, що приймається згідно з таблицею 5.7 або додатком В [6];

$t_{зов}$ – температура повітря найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92, °С, що приймається згідно з додатком В або таблицею 2 [33];

F_j – площа $j-го$ непрозорого елемента огороджувальної конструкції, $м^2$;

$R_{\Sigma j\ ін}$ – опір теплопередачі $j-го$ непрозорого елемента огороджувальної конструкції, $м^2 \cdot К/Вт$,

k – безрозмірний коефіцієнт, що враховує неоднорідність огороджувальної конструкції, що приймається:

– для суміщених покриттів, світлопрозорих огороджувальних конструкцій, вхідних дверей у багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки, вхідних дверей у малоповерхові будинки та у квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків – 1,0;

– для горищних покриттів – 0,8;

– для конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентильованим повітряним прошарком – 0,75;

– для всіх інших типів зовнішніх стінових огороджувальних конструкцій та перекриттів неопалюваних горищ, перекриттів над проїздами та неопалюваними підвалами – 0,85;

$F_{сп}$ – площа світлопрозорої частини огороджувальної конструкції, $м^2$;

$R_{\Sigma сп}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорої конструкції, $м^2 \cdot К/Вт$, приймається на підставі результатів випробувань згідно ДСТУ Б В.2.6-17 (ГОСТ 26602.1) акредитованими лабораторіями або за результатами теплових розрахунків конструкції згідно розділу 5;

n – кількість непрозорих елементів огороджувальної конструкції.

Тепловтрати приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції $Q_{інф}$ визначаються за формулою

$$Q_{інф} = 0{,}27(t_{вн} - t_{зов})V, \tag{10.14}$$

де $t_{вн}$, $t_{зов}$ – те саме, що у формулі (10.13);

V – об'єм приміщення, $м^3$.

Показник теплозасвоєння внутрішньою поверхнею непрозорої огороджувальної конструкції розраховується за формулами:

а) у разі, коли (внутрішній) шар огороджувальної конструкції має теплову інерцію $D \geq 1$, то:

$$Y_в = S_1\,, \tag{10.15}$$

б) якщо теплова інерція першого шару огороджувальної конструкції $D_1 < 1$, а першого і другого шарів конструкції $D_1 + D_2 \geq 1$, то коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні розраховується за формулою:

$$Y_в = \frac{R_1 \times S_1^2 + S_2}{1 + R_1 \times S_2}\,, \tag{10.16}$$

де R_1, S_1, S_2 – термічний опір та коефіцієнти теплозасвоєння відповідно, першого та другого шарів;

в) якщо теплова інерція перших n шарів конструкції $D_1 + D_2 + \cdots + D_n < 1$, а теплова інерція n+1 шарів $D_1 + D_2 + \cdots + D_n + D_{n+1} \geq 1$, то коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні потрібно визначати з урахуванням коефіцієнтів теплозасвоєння n шарів за формулами для n-го шару:

$$Y_n = \frac{R_n \times S_n^2 + S_{n+1}}{1 + R_n \times S_{n+1}}\,, \tag{10.17}$$

для і-го шару ($i = n-1, n-2, \ldots 1$):

$$Y_i = \frac{R_i \times S_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i \times Y_{i+1}}, \qquad (10.18)$$

Для термічно неоднорідних шарів конструкції потрібно визначати середній коефіцієнт теплозасвоєння матеріалом цього шару $S_{ср}$, Вт/(м^2 · К), за формулою:

$$S_{ср} = \frac{\sum_{n=1}^{n} S_n \cdot F_n}{\sum_{n=1}^{n} F_n}, \qquad (10.19)$$

S_1, S_2,…,S_n, – коефіцієнти теплозасвоєння окремих матеріалів шару, Вт/(м^2 · К);

F_1, F_2,…,F_n – площі, що займають окремі матеріали по поверхні шару, м^2; N – кількість шарів.

Показник теплозасвоєння внутрішньою поверхнею світлопрозорої огороджувальної конструкції розраховується за формулою:

$$Y_{B_c} = \frac{1}{1{,}08 \cdot R_{\Sigma сп}}, \qquad (10.20)$$

де $R_{\Sigma сп}$ – опір теплопередачі світлопрозорої конструкції, м^2 · К/Вт, приймається на підставі результатів випробувань акредитованими лабораторіями або за результатами теплових розрахунків конструкції за розділом 5.

Покращити теплостійкість приміщення в зимовий період року можливо за рахунок:

– зменшення тепловтрат приміщення;

– використання ефективної системи опалення;

– збільшення приведеного опору теплопередачі огороджувальних конструкцій;

– застосування конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентильованим повітряним прошарком згідно з ДСТУ Б В.2.6-35;

– використання в багатошаровій огороджувальній конструкції масивних матеріалів ближче до її внутрішньої поверхні.

Задача 10.2 *Оцінка теплостійкості кутового приміщення з двома вікнами в зимовий період*

Вихідні дані

Об'єкт – житлова кімната в м. Києві. Дві зовнішніх стіни з вікном на кожній. Розміри вікон 1300 мм×1500 мм, висота приміщення 2600 мм

(рисунок 10.3). У приміщенні функціонує водяна система опалення з безперервним обслуговуванням.

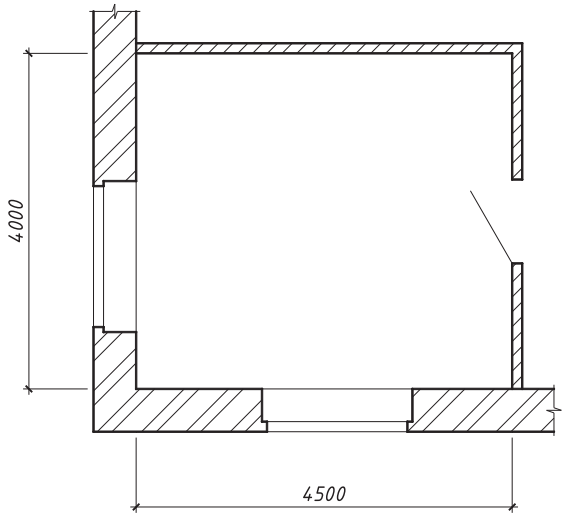


Рис.10.3 План приміщення

Параметри клімату району будівництва, мікроклімату приміщення та безрозмірні коефіцієнти наведені в таблиці 10.3.

Зовнішні стіни знаходяться під кутом 90° по відношенню одна до одної. Конструкція зовнішніх стін складається з наступних елементів:

- *кладка цегляна з повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині;*
- *теплоізоляційний шар з пінополістиролу;*
- *зовнішнє опорядження штукатуркою.*

Віконні блоки виконані з ПВХ-профілів та заповнені двокамерними склопакетами ($4M_1$-16-$4M_1$-16-4і). Згідно з розрахунками за розділом 5 приведений опір теплопередачі віконного блока становить $R_{\Sigma сп} = 0{,}72 м^2 \cdot К/Вт$.

Геометричні характеристики приміщення наведені в таблиці 10.4.

Таблиця 10.3

Розрахункові параметри клімату району будівництва, мікроклімату приміщення та безрозмірні коефіцієнти

Назва параметра	*Значення*
Температура внутрішнього повітря $t_в$, °С *(згідно з таблицею 5.7)*	*20*
Температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 $t_{зн}$, °С *(згідно з додатком В)*	*-22*
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції $\alpha_в$, Вт/(м^2 · К) *(згідно з таблицею 4.1 або додатком Б [18]):* *- для зовнішніх стін;*	*8,7*
- для вікон	*8,0*
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції $\alpha_{зн}$, Вт/(м^2 · К) *(згідно з таблицею 4.1 або додатком Б [18]):* *- для зовнішніх стін;*	*23,0*
- для вікон	*23,0*
Коефіцієнт нерівномірності тепловіддачі системи опалення m (за таблицею 10.2 або табл. 1, [35])	*0,1*
Коефіцієнт, що враховує неоднорідність влаштування конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками k (за пунктом 10.3)	*0,85*

Таблиця 10.4

Геометричні характеристики приміщення

Назва геометричної характеристики	*Значення*
Площа приміщення F, м^2	*18*
Висота приміщення h, м	*2,6*
Об'єм приміщення V, м^3	*46,8*
Площа внутрішньої поверхні непрозорих огороджувальних конструкцій $F_{нп}$, м^2	*18,2*
Площа внутрішньої поверхні світлопрозорих огороджувальних конструкцій $F_{сп}$, м^2	*3,9*

При розрахунках враховуються основні шари конструкції (починаючи з внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції), їх теплофізичні характеристики приймаються згідно з додатком А. Теплофізичні характеристики матеріалів шарів конструкції наведені в таблиці 10.5.

Таблиця 10.5

Теплофізичні характеристики матеріалів шарів конструкції

Номер шару	*Матеріал*	*Товщина шару δ, м*	*Густина матеріалу в сухому стані ρ, кг/м³*	*Розрахункові характеристики в умовах експлуатації Б*	
				теплопровідність λ, Вт/(м · К)	*коефіцієнт теплозасвоєння S, Вт/(м² · К)*
1	*Кладка з цегляна з повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині*	*0,25*	*1800*	*0,81*	*10,12*
2	*Теплоізоляційний шар з екструдованого пінополістиролу*	*0,1*	*35*	*0,037*	*0,38*
3	*Зовнішнє опорядження штукатуркою*	*0,01*	*1800*	*0,93*	*11,09*

Визначення теплових опорів шарів непрозорої огороджувальної конструкції

Теплові опори шарів непрозорої огороджувальної конструкції розраховуються наведені в таблиці 10.6.

Таблиця 10.6

Розрахунок теплових опорів шарів непрозорої огороджувальної конструкції

Номер шару	*Познака*	*Значення, (м² · К)/Вт*	*Розрахунок*
1	R_1	*0,31*	$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,25}{0,81} = 0,31$
2	R_2	*2,7*	$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,1}{0,037} = 2,7$
3	R_3	*0,012*	$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,01}{0,93} = 0,012$

Визначення теплових інерцій кожного шару непрозорої огороджувальної конструкції та конструкції в цілому

Розрахунок теплових інерцій кожного шару непрозорої огороджувальної конструкції та конструкції в цілому наведений у таблиці 10.7.

Таблиця 10.7

Розрахунок теплових інерцій кожного шару непрозорої огороджувальної конструкції та конструкції в цілому

Номер шару	*Познака*	*Значення*	*Розрахунок*
1	D_1	*3,14*	$D_1 = R_1 \cdot S_1 = 0{,}31 \times 10{,}12 = 3{,}14$
2	D_2	*1,03*	$D_2 = R_2 \cdot S_2 = 2{,}7 \times 0{,}38 = 1{,}03$
3	D_3	*0,13*	$D_3 = R_3 \cdot S_3 = 0{,}012 \times 11{,}09 = 0{,}13$
Усієї конструкції	D	*4,3*	$D = D_1 + D_2 + D_3 = 3{,}14 + 1{,}03 + 0{,}13 = 4{,}3$

Перший шар має теплову інерцію $D_1 > 1$, *тому показник теплозасвоєння внутрішньою поверхнею непрозорої огороджувальної конструкції становить:*

$$Y_в = Y_1 = S_1 = 10{,}12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Визначення коефіцієнта теплопоглинання внутрішньою поверхнею світлопрозорих і непрозорих конструкцій

Розрахунок коефіцієнта теплопоглинання внутрішньою поверхнею світлопрозорих і непрозорих конструкцій наведений у таблиці 10.8.

Таблиця 10.8

Розрахунок коефіцієнта теплопоглинання внутрішньою поверхнею світлопрозорих і непрозорих конструкцій

Тип огороджувальної конструкції	*Познака*	*Одиниця виміру*	*Значення*	*Розрахунок*
Непрозора	$B_{нп}$	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	*4,68*	$B = \frac{1}{\frac{1}{Y_{вн}} + \frac{1}{\alpha_{вн}}} = \frac{1}{\frac{1}{10{,}12} + \frac{1}{8{,}7}} == 4{,}68$
Світлопрозора	$B_{сп}$	*Вт/(м² К)*	*1,29*	$B_{вс} = \frac{1}{1{,}08 R_{\Sigma c}} = \frac{1}{1{,}08 \times 0{,}72} = 1{,}2$

Визначення тепловтрат приміщення через теплоізоляційну оболонку

Для визначення тепловтрат приміщення через теплоізоляційну оболонку потрібно розрахувати опір теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції. Тепловтрати приміщення через теплоізоляційну оболонку наведені в таблиці 10.9.

Таблиця 10.9

Розрахунок тепловтрат приміщення через теплоізоляційну оболонку

Теплотехнічний показник що визначається	*Позначка*	*Одиниця вимі-ру*	*Значення*	*Розрахунок*
Опір теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції	$R_{\Sigma нп}$	$(м^2К)/Вт$	*3.18*	$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_{вн}} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_{зн}} = \frac{1}{8,7} + 0,31 + 2,7 + 0,012 + \frac{1}{23} = 3,18$
Тепловтрати приміщення через теплоізоляційну оболонку	$Q_{теп}$	Вт	*510*	$Q_{мен} = (t_{вн} - t_{зн})\left[\sum_{j=1}^{n} \frac{F_j}{R_{\Sigma jнп} \cdot k} + \frac{F_{сп}}{R_{\Sigma сп}}\right] = (20 - (-22))\left[\frac{18,2}{3,18 \times 0,85} + \frac{3,9}{0,72}\right] = 510,3$

Тепловтрати приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції становлять:

$$Q_{інф} = 0,27(t_в - t_{зн})V = 0,27 \times 42 \times 46,8 = 531 \text{ Вт}$$

Загальні тепловтрати приміщення становлять:

$$Q_{пр} = Q_{теп} + Q_{інф} = 510 + 531 = 1041 \text{ Вт}$$

Амплітуда коливань температури приміщення $A_{t_в}$, °С, *розраховується за формулою*

$$A_{t_в} = \frac{0,7Q_{пр} \cdot m}{B_{нп} \cdot F_{нп} + B_{сп} \cdot F_{сп}} = \frac{0,7 \times 1041 \times 0,1}{4,68 \times 18,2 \times 1,29 \times 3,9} = 0,81 \text{ °С}$$

Амплітуда коливань температури приміщення не перевищує нормованого значення 1,5 °С *і становить* 0,81 °С, *що задовольняє вимогам умови (9) ДБН В.2.6-31:2016.*

10.4 Методика розрахунку амплітуди коливань температури на поверхні огородження складної конфігурації або з теплопровідними включеннями

Для виконання розрахунку амплітуди коливань температури на поверхні огородження складної конфігурації або з теплопровідними включеннями можливо користуватися програмою ELCUT. Для цього необхідно виконати розрахунок нестаціонарного температурного поля, в якому коливання температури зовнішнього повітря протягом доби прийняти:

1. За синусоїдою;
2. За формулами, що пропонуються у [33].

У першому випадку формула за якою змінюється температура зовнішнього повітря має вигляд:

$$t_{\text{зн}} = t_{\text{ср}} + \frac{\text{A}}{2} \times sin(0{,}000011574 \times \text{T} \times 360)\ , \qquad (10.20)$$

де $t_{\text{ср}}$ – середня температура у липні, ℃, приймається за додатком В за дод. 2 [33];

A – максимальна амплітуда добових коливань температури, зовнішнього повітря ℃, за додатком В за дод. 2 [33];

T – час, сек.

У другому випадку за формулами:

- $0 \text{ годин} \leq \text{x} < T_{\text{min}}$:

$$t_{\text{год}} = \frac{\text{A}}{2} \cdot sin\left[\frac{\pi}{2} \cdot \frac{2x - 3T_{min} - 9}{9 + T_{min}}\right] + t\ , \qquad (10.21)$$

- $T_{min} \leq x < 15$ годин:

$$t_{\text{год}} = \frac{\text{A}}{2} \cdot sin\left[\frac{\pi}{2} \cdot \frac{2x - 15 - T_{min}}{15 - T_{min}}\right] + t\ , \qquad (10.22)$$

- $15 \text{ годин} \leq x < 24$ години:

$$t_{\text{год}} = \frac{\text{A}}{2} \cdot sin\left[\frac{\pi}{2} \cdot \frac{2x - 21 + T_{min}}{9 + T_{min}}\right] + t\ , \qquad (10.23)$$

де A – середня добова амплітуда середньої місячної температури повітря у липні, ° С;

t – середня місячна температура повітря, ° С;

T_{min} – час мінімальної температури повітря протягом доби, який приймається як час, що настає через 15 хвилин після сходу Сонця, год. Для липня $T_{min} = 4$ год або 14400 секунд;

x – потоковий час, год.

На початку розрахунку нестаціонарного температурного поля значення температури у вузлах розрахункової сітки приймаються 0 ℃. Це призводить до значної похибки при визначенні температур у початковий період часу. Уникнути цього можливо, «прив'язавши» початкові значення температур нестаціонарної задачі до стаціонарного температурного поля в якому температуру зовнішнього повітря прийняти рівною середній за місяць для якого виконується розрахунок.

Задача 10.3 *Визначити амплітуду коливань температури у характерних точках на внутрішній поверхні огородження зовнішньої стіни житлового будинку у липні при таких вихідних даних:*

- *район будівництва – м. Полтава;*
- *призначення будівлі – лікувальна;*
- *середня температура у липні,* ℃, $t_{\text{ср}} = 20{,}5$ ℃*;*
- *максимальна амплітуда добових коливань температури, зовнішнього повітря* ℃, $A = 21{,}2$ ℃.

На рисунку 10.4 наведена розрахункова схема огородження.

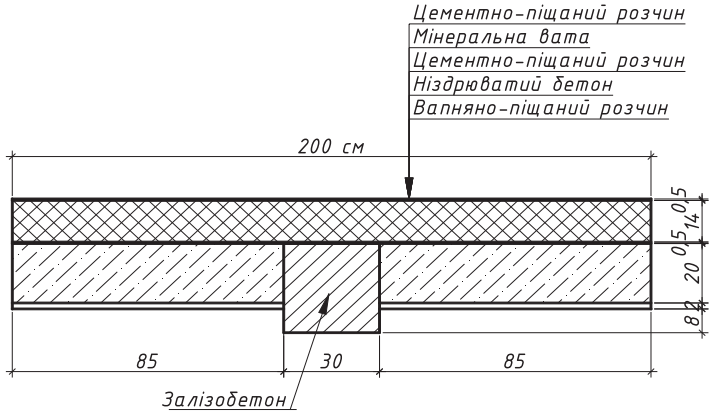


Рис.10.4 Розрахункова схема огородження для розрахунку температурного поля

Виконуємо розрахунок стаціонарного температурного поля. Так як у будинку не передбачене кондиціонування внутрішнього повітря то приймаємо його температуру рівною середній за липень.

Результати розрахунку стаціонарного температурного поля наведено на рисунку 10.5.

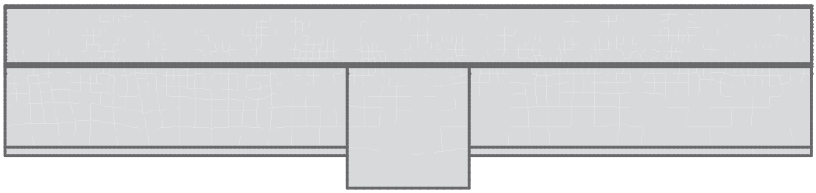


Рис.10.5 Температурне поле у липні

Результати розрахунку стаціонарного температурного поля «прив'язуємо» до нестаціонарного розрахунку прийнявши зміну температури зовнішнього повітря за синусоїдою.

Використовуючи правила запису формул в ELCUT, цю формулу вставляємо у наступному вигляді:

$$20.5 + 21.2/2 * sin(0.000011574 * t \times 360),$$

Амплітуду коливань температури на внутрішній поверхні огородження визначаємо у характерних точках. Кількість точок приймаємо 7. Розташування точок наведено на рисунку 10.6.

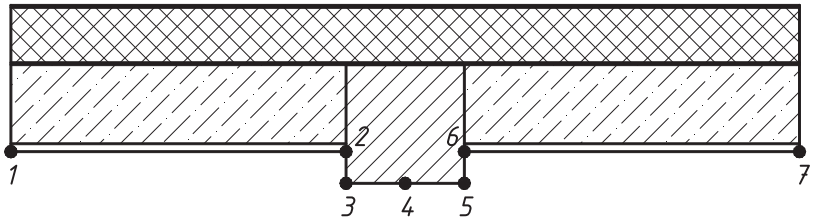


Рис. 10.6 Розташування розрахункових точок

В таблиці 10.10 наведені координати розрахункових точок.

Таблиця 10.10

Координати розрахункових точок

№ точки	Координата	
	x	*y*
1	*-10*	*80*
2	*75*	*80*
3	*75*	*72*
4	*90*	*72*
5	*105*	*72*
6	*105*	*80*
7	*190*	*80*

Графік коливань температури на внутрішній поверхні огородження в точці 1 наведено на рисунку 10.7.

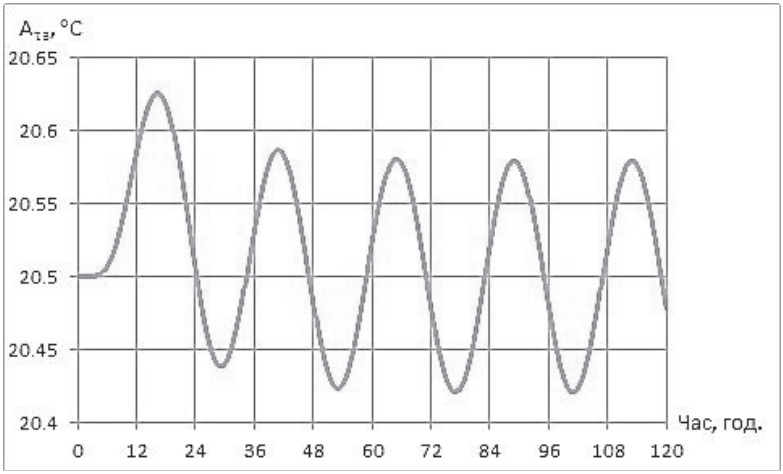


Рис. 10.7 Графік коливань температури на внутрішній поверхні огородження в точці 1

Як видно з графіку, починаючи з 3 доби настає квазістаціонарний режим. Режим, при якому зміна температури протягом доби така ж, як і в наступному. Амплітуда коливань у цей період складає $A_{\tau_в} = 0{,}16$ ℃*, що менше нормованої* 2,5 ℃*. Аналогічні графіки будуються і для інших розрахункових точок.*

Виконуємо розрахунок нестаціонарного температурного поля за трьома формулами (10.21-10.23).

Для першого часового відрізку формула зміни температури зовнішнього повітря має вигляд:

$$21.2/2 * sin(90 * (2 * t/3600 - 3 * 4 - 9)/(9 + 4)) + 20.5\,,$$

Результати розрахунку температурного поля у кінці цього відрізку часу використовуємо у розрахунку нестаціонарного температурного поля протягом другого часового відрізку. Формула зміни температури зовнішнього повітря для другого відрізку часу має вигляд:

$$21.2/2 * sin(90 * (2 * (t + 14400)/3600 - 15 - 4)/(15 + 4)) + 20.5\,,$$

Результати розрахунку температурного поля у кінці цього відрізку часу використовуємо у розрахунку нестаціонарного температурного поля протягом третього часового відрізку. Формула зміни температури зовнішнього повітря для третього відрізку часу має вигляд:

$$21.2/2 * sin(90 * (2 * (t + 54400)/3600 - 21 + 4)/(9 + 4)) + 20.5\,,$$

Використовуючи отримані дані, будуємо графік зміни температури протягом доби у розрахунковій точці 1. На рисунку 10.8 наведено графік зміни температури у розрахунковій точці 1.

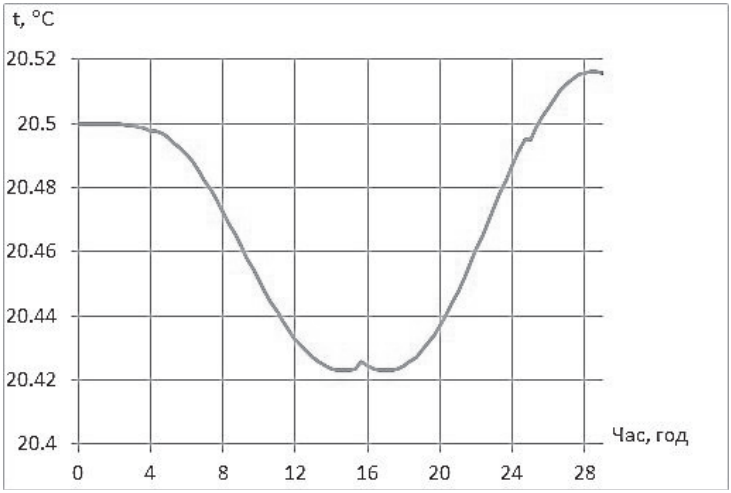


Рис. 10.8 Графік зміни температури у розрахунковій точці 1

Висновок. Амплітуда коливань у розрахунковій точці 1 дорівнює 0,1 °C.

Питання для самоперевірки

1. Нестаціонарний тепловий режим приміщень і огороджувальних конструкцій.
2. Нормативні вимоги у розрахунку показників теплостійкості.
3. Показники, які визначають теплостійкість огороджувальних конструкцій.
4. Показники, які визначають теплостійкість приміщення.

11 ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПІДЛОГ

У процесі експлуатації приміщень житлових, громадських, промислових будинків комфортні теплові умови поряд з іншими чинниками, викладеними раніше, зумовлюються контактними тепловтратами стопи людини з підлогою.

Щоб уникнути переохолодження людини при контакті з поверхнею підлоги кількість тепла, що поглинається підлогою повинна відповідати притоку тепла тіла людини при роботі системи терморегуляції організму.

У всіх випадках охолодження поверхні тіла людини не повинно бути нижче температур, що допускаються гігієнічним нормами. Наприклад, при контакті босої ноги з підлогою температура шкіри протягом двох хвилин не повинна опускатися нижче 27 °С.

Інтенсивність контактного теплообміну визначається: температурою і теплофізичними властивостями матеріалів конструкції підлоги, характером фізичного навантаження, яке виконується людиною, тривалістю та частотою контактів із підлогою й теплозахисними властивостями взуття. Тривалість контакту може бути короткочасною (босою ногою в приміщеннях житлових будинків, лікарняних і дитячих установ), більш тривалою (у легкому взутті), а також тривалою (контакт узутих ніг у громадських та промислових будинках протягом декількох годин).

У всіх випадках кількість теплоти, що віддається поверхні підлоги людською стопою, не повинна перевищувати кількості теплоти, вироблюваної теплорегулюючою системою людського організму. У протилежному випадку ноги будуть переохолоджуватися, що підвищує можливість простудних, ревматичних й інших захворювань. Температура поверхні підлоги – один з основних чинників, що визначають інтенсивність тепловіддачі ніг. Тому бажано щоб температура поверхні підлоги проміжних поверхів будинків повинна бути не нижче ніж на 1 °С температури повітря в приміщеннях, а для перших поверхів – не нижче ніж на 2,5 °С. Для промислових будинків із підлогами на ґрунті різниця температур не повинна перевищувати 3 °С.

Теплотехнічні якості підлоги оцінюються показником теплозасвоєння підлоги $Y_{\text{п}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

У приміщеннях із температурою підлоги 23 °С і вище різниця температур підошви ноги без взуття (біля 32 °С) та підлоги настільки зменшується, що дозволяє знизити вимоги до теплозахисних властивостей матеріалів підлоги шляхом відмови від нормування показника теплозасвоєння поверхні підлоги.

Із збільшенням часу (періоду) зіткнення ноги людини з підлогою збільшується товщина шару активної теплоємності конструкції (шару накопичення, поширення і віддачі теплоти), який називається шаром

різких коливань температури. Шар різких коливань температури прийнято обмежувати товщиною однорідної конструкції, у якій амплітуда коливань загасає приблизно вдвічі порівняно з амплітудою коливань на поверхні, що сприймає періодичні теплові впливи внаслідок контакту з ногою.

Шар різких коливань має характеристику теплової інерції:

$$D = R \cdot S = \frac{\delta}{\lambda} S = 1 ,$$

З цієї формули можна визначити товщину шару активної теплоємності (шар різких коливань):

$$\delta = \frac{\lambda}{S},$$

Межі коливань тривалості контакту ніг людини, як правило, від 1...2 хв. (підлога житлових приміщень) до 6...7 год. (підлога робочих приміщень). Найбільш невигідні умови охолодження ніг, а отже, і залучення більшої товщини підлоги у теплообмін спостерігаються при більш тривалому періоді контакту.

Для поверхні підлог житлових, громадських будинків і приміщень промислових будинків із постійними робочими місцями обов'язкове виконання умови

$$Y_{\text{п}} \leq Y_{max\,\text{п}} , \qquad (11.1)$$

де $Y_{\text{п}}$ – показник теплозасвоєння поверхні підлоги, Вт/(м2 . К);

$Y_{max\,\text{п}}$ – максимальне припустиме значення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що встановлюється згідно з табл.11.1 в залежності від призначення будинку.

Таблиця 11.1

Максимально припустимі значення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги (табл. 6 [6])

Призначення будівлі	Значення $Y_{max\,\text{п}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Житлові будинки, дошкільні заклади, лікувальні й дитячі навчальні заклади	12
Громадські і адміністративні будівлі	14
Ділянки з постійними робочими місцями в опалюваних приміщеннях промислових будівель	17

11.1 Розрахункове визначення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги

Підлога є особливим елементом огороджувальних конструкцій внаслідок того, що з її поверхнею контактує людина. Це обумовлює введення додаткового показника теплового комфорту – показника теплозасвоєння поверхнею підлоги, який характеризує інтенсивність витрат теплоти від джерела енергії в конструкцію підлоги при безперервному тепловому контакті з її поверхнею.

Алгоритм визначення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги наведено на рис.11.1.

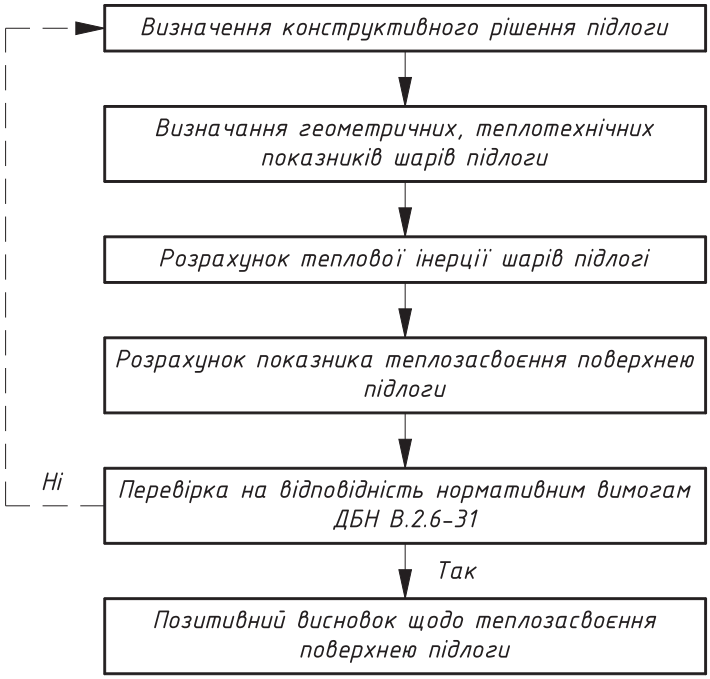


Рис.11.1 Алгоритм визначення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги

Для поверхні підлог житлових, громадських будинків і приміщень промислових будинків із постійними робочими місцями обов'язкове виконання умов теплозасвоєння поверхнею підлоги згідно з ДБН В.2.6-31

Показник теплозасвоєння поверхнею підлоги $Y_{\text{п}}$,Вт/(м^2 · К), визначають:

а) якщо покриття підлоги (перший шар конструкції підлоги) має теплову інерцію $D_1 = R_1 \cdot S_1 \geq 0{,}5$,показник теплозасвоєння поверхнею підлоги визначають за формулою:

$$Y_{\text{п}} = 2S_1\,, \tag{11.2}$$

б) якщо перші n шарів конструкції підлоги ($n \geq 1$) мають теплову інерцію $D_1 + D_2 + \ldots + D_n < 0{,}5$, але теплова інерція $n+1$ шарів $D_1 + D_2 + \ldots + D_{n+1} \geq 0{,}5$, показник теплозасвоєння підлоги $Y_{\text{п}}$ визначається послідовним розрахунком показників теплозасвоєння поверхнями шарів конструкції, починаючи з $n-$го до $1-$го за формулами:

– для $n-$го шару – за формулою:

$$Y_{\text{п}} = \frac{2 \cdot R_{\text{п}} \cdot S_n^2 + S_{\text{п}+1}}{0{,}5 + R_{\text{п}} \cdot S_{\text{п}+1}}\,, \tag{11.3}$$

– для $i-$го шару ($i = n-1;\ n-2;\ \ldots;\ 1$) – за формулою:

$$Y_{\text{і}} = \frac{4 \cdot R_i \cdot S_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i \cdot S_{i+1}}\,, \tag{11.4}$$

Показник теплозасвоєння поверхнею підлоги $Y_{\text{п}}$ приймається рівним показнику теплозасвоєння поверхні $i-$го шару $Y_{\text{і}}$.

У раніше наведених формулах та нерівностях:

$D_1,\ D_2,\ldots,\ D_n,\ D_{n+1}$ – теплова інерція відповідно $1-$го,$2-$го,...,n, $(n+1)$-го шарів конструкції підлоги, що визначається за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot S_i\,,$$

$R_i,\ R_{\text{п}}$ – термічні опори, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $i-$го й $n-$го шарів конструкції підлоги, що визначається за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

$S_1,\ S_2,\ \ldots\ ,\ S_{\text{п}},\ S_{\text{п}+1}$ – розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння матеріалу $1-$го, $2-$го, ... , n,$(n+1)$-го шарів конструкції підлоги, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що приймаються згідно з додатком А або [18], табл.А1 для умов експлуатації А;

Y_{i+1} – показник теплозасвоєння поверхні $(i+1)$-го шару конструкції підлоги, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Для забезпечення виконання нормативних вимог при влаштуванні конструкції підлоги рекомендується:

– у якості першого шару покриття підлоги використовувати матеріали з малими коефіцієнтами теплозасвоєння, такі як паркет, лінолеум, ламінат тощо;

– у якості підоснови під покриття першого шару використовувати полегшену стяжку на основі ніздрюватого бетону.

Якщо під підлогою знаходиться приміщення з іншими параметрами мікроклімату або зовнішнє повітря, треба обов'язково провести розрахунок його опору теплопередачі.

Для покращення теплового комфорту у приміщенні також можливе використання опалювальних підлог.

Задача 11.1 *Визначити, чи задовольняє конструкція підлоги вимогам з теплозасвоєння поверхні при таких вихідних даних:*

1. Конструкція підлоги складається з трьох однорідних шарів і призначена для експлуатації в житловому приміщенні;

2. Матеріали конструктивних шарів підлоги:

а) лінолеум полівінілхлоридний на тканинній підоснові по шару мастики $\rho_0 = 1600\ \text{кг}/\text{м}^3$*;*

б) керамзитобетон на керамзитовому піску $\rho_0 = 1200\ \text{кг}/\text{м}^3$*;*

в) залізобетонна плита $\rho_0 = 2500\ \text{кг}/\text{м}^3$.

3. Пункт будівництва – м. Харків.

Схема конструкції підлоги наведена на рисунку 11.2.

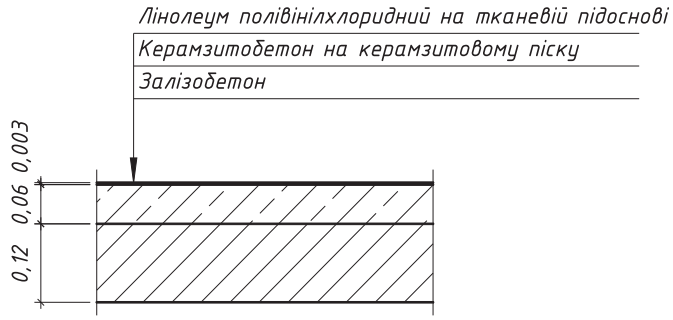


Рис. 11.2 Схема конструкції підлоги

Розрахункові коефіцієнти матеріалів шарів конструкції підлоги приймаємо за умовами експлуатації «А».

За додатком А або [18], табл.А1 приймаємо теплофізичні характеристики матеріалів шарів конструкції підлоги.

Розрахункові коефіцієнти теплопровідності:

1. Лінолеуму $\lambda_1 = 0{,}29$ Вт/(м · К);

2. Керамзитобетону $\lambda_2 = 0{,}44$ Вт/(м · К);

3. Залізобетону $\lambda_3 = 1{,}92$ Вт/(м · К).

Розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння:

1. Лінолеуму $S_1 = 7{,}05$ Вт/(м^2 · К);

2. Керамзитобетону $S_2 = 6{,}36$ Вт/(м^2 · К);

3. Залізобетону $S_3 = 17{,}98$ Вт/(м^2 · К).

Визначаємо теплову інерцію 1-го шару конструкції підлоги за формулою:

$$D_1 = R_1 \cdot S_1 = 0{,}01 \times 7{,}05 = 0{,}07\,,$$

де R_1 *– термічний опір лінолеуму визначаємо за формулою:*

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0{,}003}{0{,}29} = 0{,}01 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}\,,$$

Оскільки $D < 0{,}5$, *визначаємо теплову інерцію перших двох шарів за формулою:*

$$D_1 + D_2 = R_1 \cdot S_1 + R_2 \cdot S_2 = 0{,}01 \times 7{,}05 + 0{,}136 \times 6{,}36 = 0{,}94\,,$$

де R_2 *– термічний опір керамзитобетону визначаємо за формулою:*

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0{,}06}{0{,}44} = 0{,}136 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}\,,$$

Оскільки $D_1 + D_2 = 0{,}94 > 0{,}5$, *показник теплозасвоєння поверхні підлоги* $Y_\text{п}$ *приймаємо рівним показнику теплозасвоєння поверхні 1-го шару* Y_1, *який визначається за формулою:*

$$Y_1 = \frac{4 \cdot R_1 \cdot S_1^2 + Y_2}{1 + R_1 \cdot S_2} = \frac{4 \times 0{,}01 \times 7{,}05^2 + 9{,}8}{1 + 0{,}01 \times 9{,}8} = 10{,}7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}\,,$$

де Y_2 *– показник теплозасвоєння,* Вт/(м^2 · К), *поверхні 2-го шару, знаходимо за формулою:*

$$Y_2 = \frac{2 \cdot R_2 \cdot S_2^2 + S_3}{0{,}5 + R_2 \cdot S_3} = \frac{2 \times 0{,}136 \times 6{,}36^2 + 17{,}98}{0{,}5 + 0{,}136 \times 17{,}98} = 9{,}8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}\,,$$

За табл. 6 [6] максимально допустимі значення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги у житлових будинках дорівнює $Y_{max\,n} = 12\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Оскільки показник теплозасвоєння першого шару $Y_1 = 10{,}7\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ *менше від максимально допустимого* $Y_{max\,n} = 12\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, *то така конструкції підлоги може бути прийнята для житлового приміщення.*

Задача 11.2 *Визначення показника теплозасвоєння поверхнею дерев'яної підлоги на лагах*

Вихідні дані

Об'єкт – дерев'яна підлога на лагах у житловому будинку (рисунок 11.3).

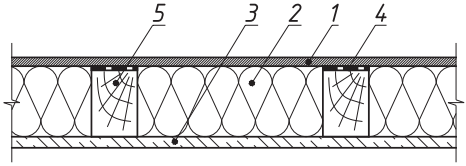


Рис. 11.3 Дерев'яна підлога на лагах у житловому будинку. 1 – покриття підлоги з дощок; 2 – скловолокнисті мати; 3 – гіпсокартонні листи; 4 – термоакустична смуга; 5 – лаги

При розрахунках враховуються основні шари конструкції (починаючи з покриття підлоги), їх теплофізичні характеристики приймаються згідно з додатком А або табл.. А1 [18] та наведені в таблиці 11.2.

Таблиця 11.2

Теплофізичні характеристики конструкції підлоги

Номер шару	*Матеріал*	*Товщина шару δ, м*	*Густина матеріалу в сухому стані ρ, кг/м³*	*Розрахункові характеристики в умовах експлуатації А*	
				Тепло провідність λ, Вт/(м · К)	*коефіцієнт теплозасвоєння S, Вт/(м²К)*
1	*Покриття підлоги - дошки*	*0,02*	*500*	*0,14*	*3,87*
2	*Скловолокнисті мати*	*0,1*	*20*	*0,043*	*0,25*
3	*Гіпсокартонні листи*	*0,0125*	*800*	*0,19*	*3,34*

Визначення теплових опорів шарів підлоги

Теплові опори шарів підлоги наведені в таблиці 11.3.

Таблиця 11.3

Розрахунок теплових опорів шарів підлоги

Номер шару	*Познака*	*Значення,* $м^2 \cdot К/Вт$	*Розрахунок*
1	R_1	*0,143*	$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,14} = 0,143$
2	R_2	*2,326*	$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,1}{0,043} = 2,326$
3	R_3	*0,066*	$R_1 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,0125}{0,19} = 0,066$

Визначення теплових інерцій кожного шару підлоги

Розрахунок теплових інерцій кожного шару підлоги наведений у таблиці 11.4.

Таблиця 11.4

Розрахунок теплових інерцій кожного шару підлоги

Номер шару	*Познака*	*Значення*	*Розрахунок*
1	D_1	*0,553*	$D_1 = R_1 \cdot S_1 = 0,143 \times 3,87 = 0,553$
2	D_2	*0,581*	$D_2 = R_2 \cdot S_2 = 2,326 \times 0,25 = 0,581$
3	D_3	*0,22*	$D_3 = R_3 \cdot S_3 = 0,066 \times 3,34 = 0,22$

Теплова інерція першого шару покриття підлоги $D_1 = 0,553 > 0,5$, *тому показник теплозасвоєння поверхнею підлоги* $Y_п$ *визначається за формулою (11.1) і становить:*

$$Y_п = Y_1 = 2S_1 = 2 \times 3,87 = 7,74 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$$

Розрахунковий показник теплозасвоєння даної конструкції $Y_п = 7,74 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$, *що задовольняє умові (11.1).*

Питання для самоперевірки

1. Теплотехнічні вимоги до підлог.
2. Показник теплозасвоєння поверхні підлоги.
3. Поняття про шар різких коливань температури в конструкції.

Задачі для самостійного рішення

Задача 11.3 *По суцільній залізобетонній плиті перекриття товщиною* 0,12 м *покладено шар керамзитобетону на кварцовому піску* $\rho_o = 1800$ кг/м^3. *По керамзитобетону виконана стяжка з цементно-піщаного розчину* $\rho_o = 1800$ кг/м^3, *товщиною* 0,02 м.

Визначити, який вид лінолеуму та якої мінімальної товщини необхідно застосувати, щоб конструкція підлоги задовольняла вимоги до теплозасвоєння поверхні для підлог житлових будинків.

12 ПОВІТРОПРОНИКНІСТЬ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Повітропроникність – фільтрація повітря через огороджувальні конструкції – відбувається під впливом різниці його тисків на протилежних поверхнях конструкцій і внаслідок пористості їх структури. Фільтрації повітря через стик або конструкцію може і не бути, якщо енергетичний рівень тиску повітря не перевищує енергетичний рівень опору потоку. Так, щільна кераміка не пропускає повітря при тиску $\Delta P < 5$ Па. Різниця тисків виникає під впливом теплового напору (пропорційного різниці температур в будівлі і зовнішнього повітря) або при тиску вітру.

Величина теплового напору залежить від різниці температур і висоти приміщення (будівлі) і зростає в міру їх збільшення. При спільній дії теплового і вітрового напорів вплив їх підсумовується (рисунок 12.1).

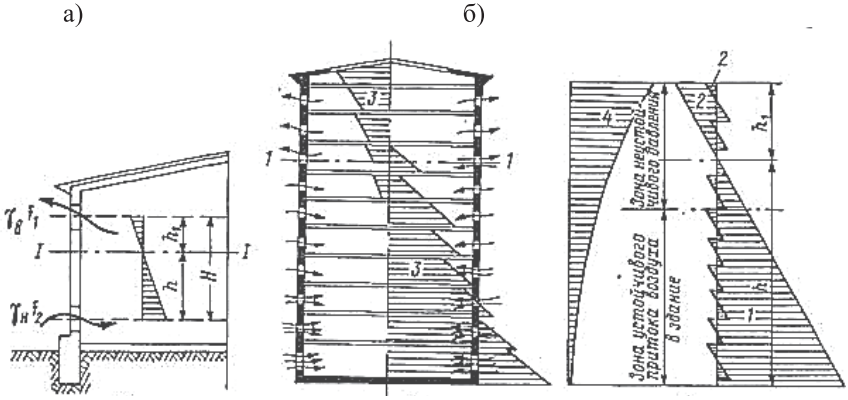


Рис.12.1 а) тепловий тиск в одноповерховій будівлі; б) тепловий та вітровий тиск у багатоповерховій будівлі:
1 – тиск зовнішнього повітря; 2 – тиск повітря у середині приміщення; 3 – сумарний тиск; 4 – вітровий тиск

Повітропроникність огороджувальних конструкцій залежить не тільки від структури їх матеріалів, та й від щільності і щільності з'єднань збірних частин (блоків, панелей, цегляної кладки), також вікон, ліхтарів і зовнішніх дверей в будівлі.

Повітропроникність (фільтрація повітря) через огороджувальні конструкції відбувається під впливом різниці тисків на зворотних поверхнях огородження. Ця різниця з'являється під дією термічного напору маси прохолодного повітря, яка більше маси теплого повітря і

знаходиться в залежності від висоти приміщення або будови. Чим більше висота, тим більше термічний напір. З іншого боку, різниця тисків може з'явитися під дією вітру.

У нижній частині будови прохолодне повітря через щілини, нещільності і пори в обгородження проходить всередину будови (притока – інфільтрація). У верхніх поверхах або у вищій частини приміщень повітря виходить з будови (витяжка – ексфільтрація). Між цими зонами по висоті розміщена нейтральна зона – умовна горизонтальна площина, для якої внутрішній тиск на цей момент дорівнює зовнішньому. Тому на рівні цієї площини фільтрація відсутня.

Основні шляхи витоку повітря наведені на рисунку 12.2.

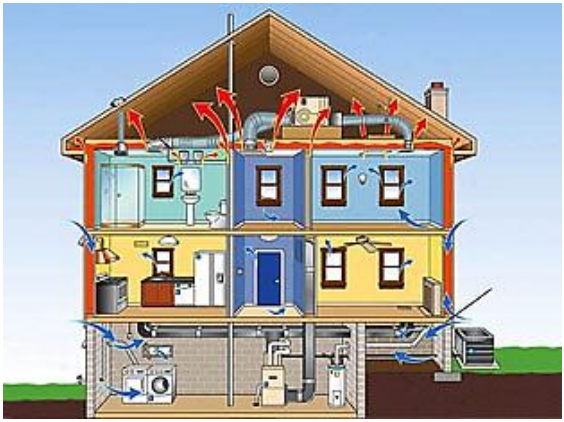


Рис.12.2 Основні шляхи витоку повітря

Взимку площа витяжних прорізів зазвичай більше площі припливних, тому що їх відкривають набагато рідше в цілях збереження тепла. У зв'язку з цим положення нейтральної площині зміщується догори і огороджувальні конструкції нижній частині приміщення (або нижніх поверхів) в основному піддаються інфільтрації.

При недостатній герметизації вікон на епюру тисків для будівлі в цілому накладається розподіл тисків у кожному окремо взятому поверсі. Поєднана епюра набуває пилкоподібну форму. При цьому окремі її вершини у поверхах, близьких до нейтральної поверхні, виходять за межі первісної епюри, збільшуючи число поверхів, що входять до зони нестійких тисків (близьку до нейтральної площині).

У зовнішній поверхні стін високих будівель величина різниці тисків внизу і вгорі досягає значної величини; під впливом цієї різниці біля стіни виникає потік зовнішнього повітря, що йде знизу вгору. Якщо стіна

гладка, то такі потоки значні. Вони дещо змінюють епюри тиску на поверхні фасаду. Під цим тиском будь-які нещільності в захисних конструкціях нижніх поверхів стають шляхами інфільтрації.

Балкони роблять розподіл тисків і напрямків повітряних потоків більш складним.

Вітер може сильно змінити як величини тисків, що виникають під дією теплового напору, так і загальну закономірність розподілу тисків.

В умовах щільної міської забудови значення вітрового тиску на фасадах багатоповерхових будівель зменшуються у поверхні землі і суттєво збільшуються у верхніх поверхах.

У нормах швидкість визначена як максимальна із середніх швидкостей вітру по румбах за січень, повторюваність яких складає 16% і більше.

Повітропроникність захисної конструкції знаходиться в залежності від наявності в матеріалі великих сполучених між собою пір, також від наявності в них вологи. У матеріалах, в порах яких є волога, утримувана тиском у капілярах, при помірному тиску повітропроникність менше, ніж у сухих матеріалах. Якщо матеріали складаються з декількох компонентів, як, наприклад, бетон, то всередині них виникають мікроскопічні тріщини між цементними камінням і заповнювачем. Ці мікротріщини підвищують повітропроникність. Але в найбільшій мірі повітропроникність знаходиться в залежності від щільності поверхневих шарів матеріалу. Тому поняття про коефіцієнт повітропроникності матеріалу на відміну від коефіцієнта теплопровідності має сенс тільки при сталому потоці фільтрації в матеріалах з однорідною структурою, що не мають щільних поверхневих шарів.

Коефіцієнт повітропроникності – величина, що змінюється в широких межах для різних матеріалів. Вона визначена для різних матеріалів шляхом вимірювань. Для суцільних шарів опір повітропроникності прямо пропорційно товщині шару і зворотно-пропорційний фактичному коефіцієнту повітропроникності матеріалу в шарі.

У нормах наведена таблиця опору повітропроникності матеріалів і конструкцій при їх певній товщині. Там же наведені опори повітропроникності заповнень світлових прорізів (вікон, балконних дверей і ліхтарів).

Опір повітропроникності виражається різницею тисків повітря, при якій через 1 $м^2$ конструктивного шару проникає 1 кг повітря за одиницю часу.

Опір повітропроникності вікон і балконних дверей житлових і громадських будинків повинен бути більше або дорівнювати необхідній величини, при якій визначається опір повітропроникності.

Для попередження надмірного охолодження захисної конструкції треба, щоб її зовнішня частина (до 0,25 загальної товщини) мала опір повітропроникності більше $0{,}33R_{g.н}$. Повітропроникність змінює розподіл температур всередині конструкції і зменшує її опір теплопередачі.

Температура на кордоні шару залежить не тільки від кількості повітря, що фільтрується через неї, та й від коефіцієнта теплозасвоєння цього шару, а головне – вона знаходиться в залежності від напрямку потоку повітря, що фільтрується та безперешкодного його руху крізь пори утеплювача.

Посилення потоку холодного повітря через конструкцію призведе до сильного охолодження стіни, незважаючи на те що опір теплопередачі практично не змінюється і без урахування повітропроникності задовольняє вимогам норм.

Зменшення повітропроникності значно збільшує теплозахист конструкції.

Якщо в конструкції є повітронепроникний шар, то фільтрація повітря через неї припиняється і температурне поле в ній відповідає температурному полю без урахування повітропроникності. Практика показує, що це не зовсім так. У сучасних вентильованих фасадах при великому вітровому напорі у вентильованих повітряних прошарках рух холодного повітря в пористому утеплювачі йде не тільки лише в напрямку теплового потоку назустріч йому, та й перпендикулярно напрямку теплового потоку. При цьому не обов'язково мати фільтрацію повітря через всю конструкцію. Для значного ослаблення теплозахисних якостей достатньо, щоб холодне повітря фільтрувався через утеплювач. На практиці для захисту утеплювача у вентильованих огороджувальних конструкціях від продування застосовують спеціальні плівкові матеріали. У покритті їх укладають поверх утеплювача рулонами зверху вниз з проклеюванням стиків. Це значно покращує теплозахисні якості дахів при впливі вітру.

У ДСТУ Б В.2.2-19:2007 наведена методика експериментального визначення в натурних умовах повітропроникності огороджувальних конструкцій.

Стандарт не поширюється на приміщення та будівлі з відкритими за умовами технології прорізами в огорожах.

Суть методу контролю повітропроникності полягає в тому, що в випробовуваний об'єкт нагнітають або відсмоктують з нього повітря і чекають, коли встановиться стаціонарний повітряний потік через вентилятор при фіксованому перепаді тиску між випробовуваним обсягом і довкіллям. Потім вимірюють витрату повітря через вентилятор і прирівнюють його до витрати повітря, що фільтрується крізь нещільності огороджень, що обмежують випробуваний об'єкт. За результатами

вимірювань обчислюють узагальнені характеристики повітропроникності випробовуваного об'єкта.

Схема випробування наведена на рисунку 12.3.

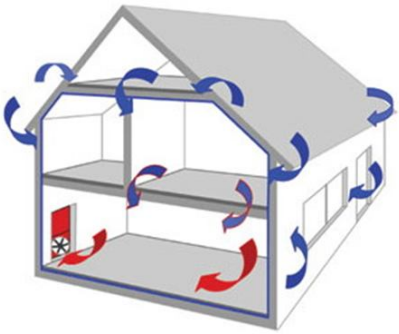


Рис. 12.3 Схема випробування на повітропроникність

12.1 Визначення повітропроникності огороджувальних конструкцій

Розрахунок повітропроникності огороджувальних конструкцій проводиться відповідно до типу конструкції:

– одношарова непрозора або світлопрозора конструкція (рис. 12.4а);

– багатошарова конструкція з послідовним розміщенням шарів (рис. 12.4б);

– багатошарова конструкція з паралельним розміщенням шарів (рис. 12.4в);

– багатошарова комбінована конструкція (рис. 12.4г).

Для огороджувальних конструкцій опалюваних будівель обов'язковим є виконання умови:

$$G^{к} \leq G_{н}^{к} \qquad (12.1)$$

де $G^{к}$ – повітропроникність огороджувальних конструкцій, кг/(м · год), яка визначається розрахунком згідно з п. 12.2 або експериментально згідно з ДСТУ Б В.2.-19 чи ДСТУ Б В.2.6-37, ДСТУ Б В.2.6-18;

$G_{н}^{к}$ – нормативна повітропроникність огороджувальних конструкцій, кг/(м · год), яка визначається згідно з таблицею 12.1.

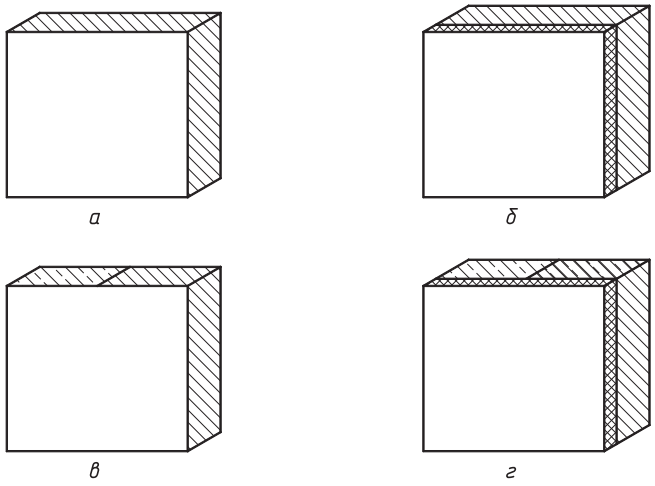


Рис. 12.4 Схематичний вигляд різних типів огороджувальних конструкцій

Таблиця 12.1

Допустимі значення повітропроникності огороджувальних конструкцій (табл. 1, [36])

Вид огороджувальної конструкції	Значення допустимої повітропроникності огороджувальної конструкції $G_н$
Зовнішні непрозорі конструкції житлових і громадських будинків	0,4 кг/(м^2·год)
Зовнішні непрозорі конструкції промислових будинків	0,6 кг/(м^2·год)
Стики між елементами(панелями) непрозорих конструкцій житлових і громадських будинків	0,5 кг/(м·год)
Стики між елементами (панелями) непрозорих конструкцій промислових будівель	1,0 кг/(м·год)
Світлопрозорі конструкції житлових та громадських будинків, виробничих будівель із кондиціонуванням приміщень	4,0 кг/(м^2·год)
Світлопрозорі конструкції промислових будівель	7,0 кг/(м^2·год)
Вхідні двері до квартир	2,3 кг/(м^2·год)

Алгоритм розрахунку масової повітропроникності огороджувальної конструкції наведено на рис. 12.5

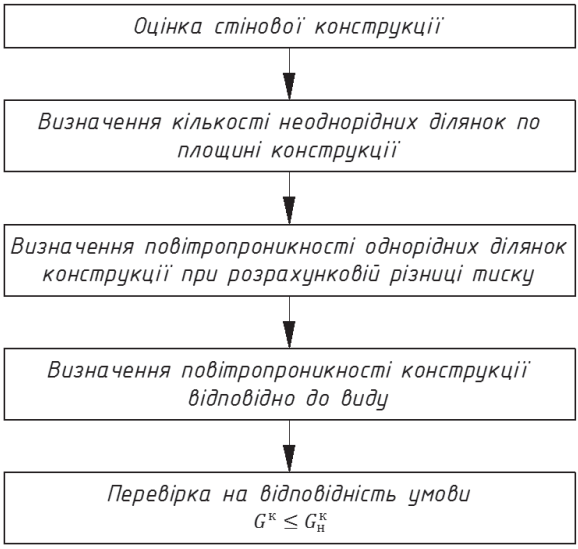


Рис. 12.5Алгоритм розрахунку масової повітропроникності огороджувальної конструкції

12.2 Визначення повітропроникності одношарових однорідних конструкцій та світлопрозорих конструкцій

Масова повітропроникність одношарової конструкції $G^{к}$ або окремого однорідного шару конструкції $G^{\Delta p}$ визначається в залежності від перепаду тиску за результатами випробувань, проведених згідно з ДСТУ Б В.2.6-37, ДСТУ Б В.2.2-19 або ДСТУ Б В.2.6-18 акредитованими лабораторіями або за формулами:

$$G^{к} = G^{\Delta p} = G^{\Delta p_o}\left(\frac{\Delta p}{\Delta p_o}\right)^{n}, \qquad (12.2)$$

де $G^{\Delta p_o}$ – масова повітропроникність огороджувальної конструкції при Δp_o, яка визначається за результатами випробувань, проведених згідно з ДСТУ Б В.2.6-37 або ДСТУ Б В.2.2-19 або ДСТУ Б В.2.6-18 акредитованими лабораторіями або згідно з таблицею 12.3;

Δp_o – різниця тисків, за якою визначається масова повітропроникністьконструкцій експериментальним шляхом ($\Delta p_o = 10$ Па);

Δp – розрахункова різниця тиску, Па, визначається згідно з формулою (12.3);

n – показник фільтрації, який визначається за результатами випробувань згвдно ДСТУ Б В.2.6-37 або ДСТУ Б В.2.2-19 або ДСТУ Б В.2.6-18. За відсітності точних даних приймається: для утеплювачів з мінеральної вати $n = 1{,}5$; для цегляної кладки $n = 0{,}8$; для вікон та двеоей $n = 0{,}67$.

Розрахункова різниця тисків Δp, Па, визначається за формулою

$$\Delta p = (H - h_i)(\gamma_з - \gamma_в) + 0{,}03\gamma_з v^2 \beta_v, \qquad (12.3)$$

де Н – висота будинку (від рівня підлоги першого поверху до верху витяжної шахти), м;

h_i – висота від рівня підлоги першого поверху до середини огороджувальної конструкції і-го поверху, для якого проводиться розрахунок, м;

$\gamma_з$, $\gamma_в$ – питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, $Н/м^3$, яка розраховується за формулами:

$$\gamma_з = \frac{3463}{273 + t_з}, \qquad (12.4)$$

$$\gamma_в = \frac{3463}{273 + t_в}, \qquad (12.5)$$

де $t_з$ – розрахункове значення температури зовнішнього повітря, °С, яке приймається залежно від температурної зони згідно або додатком В [6];

$t_в$ – розрахункове значення температури внутрішнього повітря, °С, яке приймається залежно від призначення будинку згідно додатком В [6];

v – максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, повторюваність яких становить 16 % та більше, яка приймається згідно додатку Г або [33], табл. 6;

Примітка 1. Для фасадів з вентильованим повітряним прошарком приймають $v = 1$ м/с.

β_v – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, який приймається згідно з таблицею12.2.

Таблиця 12.2

Коефіцієнт урахування швидкості руху зовнішнього повітря залежно від висоти будівлі (табл. 2, [36])

Висота будівлі H, м	Коефіцієнт β_v залежно від характеристики місцевості		
	A	B	C
≤5	0,75	0,50	0,40
10	1,00	0,65	0,40
20	1,25	0,85	0,55
40	1,50	1,10	0,80
60	1,70	1,30	1,00
80	1,85	1,45	1,15
100	2,00	1,60	1,25
150	2,25	1,90	1,55
200	2,45	2,10	1,80
250	2,65	2,30	2,00
300	2,75	2,50	2,20
350	2,75	2,75	2,35

Примітка 1. A – відкрите узбережжя моря, озера, водосховища, поле; B – територія, лісовий масив тощо з рівномірно розташованими перешкодами заввишки понад 10 м; C – місцевість з розташованими будинками заввишки понад 25 м.

Примітка 2. Споруда вважається розташованою на місцевості даного типу, якщо ця місцевість є незмінною з навітряного боку споруди на відстань до $30h$ при висоті споруди до 60 м та 2 км – при більшій висоті будівлі.

Примітка 3. Проміжні значення коефіцієнта β_v слід визначати лінійною інтерполяцією.

12.3 Визначення повітропроникності багатошарових огороджувальних конструкцій з послідовним розміщенням шарів

Повітропроникність огороджувальних конструкцій з послідовним розміщенням шарів (наприклад, стіна з утеплювачем) розраховують за формулою:

$$G^{\text{к}} = \left(\sum_{i=1}^{m} \frac{1}{G_i^{\Delta p}} \right)^{-1}, \qquad (12.6)$$

де $G_i^{\Delta p}$ – повітропроникність $G^{\Delta p}$ і-го шару конструкції, кг/м^2 · год, яка визначається згідно з таблицею 12.3;

m – кількість шарів конструкції.

12.4 Визначення повітропроникності багатошарових огороджувальних конструкцій з паралельним розміщенням шарів

Повітропроникність огороджувальних конструкцій з паралельним розміщенням шарів (наприклад, стіна з різними несучими шарами) розраховують за формулою:

$$G^{\text{к}} = \sum_{j=1}^{m} \frac{G_j^{\Delta p} F_j}{\sum F_j}, \qquad (12.7)$$

де $G_j^{\Delta p}$ – повітропроникність $G^{\Delta p} j$-го шару конструкції, кг/м^2 · год, яка визначається згідно з таблицею 12.3;

F_j – площа j-го шару конструкції, м^2;

m – кількість шарів конструкції.

12.5 Визначення повітропроникності комбінованих багатошарових огороджувальних конструкцій

Повітропроникність огороджувальних конструкцій із комбінованим розміщенням шарів (наприклад, стіна з різними несучими шарами та утеплювачем) розраховують у такій послідовності:

1) визначення повітропроникності при робочому перепаді тиску згідно з таблицею12.2;

2) визначення повітропроникності частин конструкції з послідовним розміщенням шарів;

3) визначення повітропроникності конструкції з паралельним розміщенням шарів.

Таблиця 12.3

Значення повітропроникності будівельних матеріалів та виробів(табл. 3, [36])

Матеріали та конструкції	Товщина шару d, мм	Різниця тиску Δp_0,Па	Повітропроникність $G^{\Delta p_0}$, кг/(м^2·год)
Бетон суцільний (без швів)	100	10	0,00051
Газо- та пінозолобетон суцільний (без швів)	140	10	0,48
Вапняк-черепашник	500	10	1,67
Картон будівельний (без швів)	1,3	10	0,156
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в одну цеглину та більше	250 та більше	10	0,56
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в половину цеглини	120	10	5
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною в одну цеглину та більше	250 та більше	10	1,11
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною в половину цеглини	120	10	10
Цегляне мурування з керамічної пустотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в половину цеглини	120	10	5
Мурування із легкобетонного каменя на цементно-піщаному розчині	400	10	0,77
Мурування із легкобетонного каменя на цементно-шлаковому розчині	400	10	10
Листи азбестоцементні із закладенням швів	8	10	0,051
Кладка з блоків із ніздрюватого бетону розмірами 200 мм х 200 мм х 400 мм	200	10	9,6
		30	27,6
		50	43,2
		100	68,4
Кладка з блоків із ніздрюватого бетону розмірами 200 мм х 200 мм х 400 ммз внутрішнім оздобленням вапняно-цементним розчином	200	10	0,312
		30	0,9
		50	1,08
		100	1,98
Обшивка з обрізаних дощок, які з'єднані	20-25	10	6,67

впритул у чверть або шпунт			
Обшиття з гіпсової сухої штукатурки із закладанням швів	10	10	0,5
Плити мінераловатні, $\gamma = 80$ кг/м^3	40	10	22,4
		30	114,3
		50	244,1
		100	683,3
Целюлозний утеплювач: $\gamma = 35$ кг/м^3	60	10	125
$\gamma = 50$ кг/ м^3	60	10	32,9
$\gamma = 65$ кг/ м^3	60	10	14,9
Ніздрюватий бетон автоклавний	100	10	0,005
Ніздрюватий бетон неавтоклавний	100	10	0,05
Пінополістирол (ПСБ)	50-100	10	0,127
Піноскло суцільне (без швів)	120	10	Повітро-непроникне
Плити мінераловатні жорсткі	50	10	5
Руберойд	1,5	10	Повітро-непроникне
Плити фанерні клеєні (без швів)	3-4	10	0,0034
Штукатурка на цементно-піщаному розчині по кам'яному або цегляному муруванню	15	10	0,027
Штукатурка вапняна по кам'яному або цегляному муруванню	15	10	0,07
Повітряні прошарки, мати та плити м'які з мінеральної вати та пухких матеріалів, засипки з керамзиту, піску тощо	Незалежно	10	-

Задача 12.1 *Розрахунок масової повітропроникності багатошарової конструкції та перевірка відповідності нормативним вимогам.*

Розрахувати масову повітропроникність стінової огороджувальної конструкції, що розташована на п'ятому поверсі 9-поверхового житлового будинку (м. Київ) та провести оцінку відповідності нормативним вимогам.

Висота поверху $h = 2{,}7$ м. *Розміри огороджувальної конструкції* $3 \text{ м} \times 2{,}7$ м. *Стінова конструкція виконана з шару теплоізоляції мінераловатних жорстких плит* 120 мм $(\rho = 80 \text{ кг/м}^3)$ *з кладки із блоків з ніздрюватого бетону розмірами* $200 \text{ мм} \times 200 \text{ мм} 400$ мм $(\rho = 50 \text{ кг/м}^3)$ *з внутрішнім оздобленням вапняно-цементним розчином.*

Виконання розрахунку

Визначається тип конструкції.

Дана конструкція відноситься до багатошарової конструкції з послідовним розміщенням шарів (рис. 12.4б).

Відповідно до таблиці 12.3 або за результатами випробувань визначають повітропроникність однорідних ділянок конструкції при різниці тиску $\Delta p = 10$ Па.

Повітропроникність кладки з блоків із ніздрюватого бетону відповідно до таблиці 12.3: d = 200 мм, $G_1^{\Delta p_o} = 0{,}312$ кг/(м^2 · год)*; мінераловатних жорстких плит відповідно до таблиці 12.3:* $d = 40$ мм, $G_2^{\Delta p_o} = 22{,}4$ кг/(м^2 · год) .

За формулою (12.3) визначають розрахункову різницю тисків для п'ятого поверху. Для цього розраховують питому вагу відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря за формулами (12.4), (12.5):

$$\gamma_{зн} = \frac{3463}{273 + (-22)} = 13{,}8 \text{ Н/м}^3;$$

$$\gamma_{в} = \frac{3463}{273 + 20} = 11{,}8 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}.$$

Коефіцієнт урахування швидкості руху зовнішнього повітря залежно від висоти будівлі $H = 24{,}3$ *м та місцевості С:* $\beta_v = 0{,}6$.

$$\Delta p = (9 \times 2{,}7 - 4{,}5 \times 2{,}7)(13{,}8 - 11{,}8) + 0{,}03 \times 13{,}8 \times 3^2 \cdot 0{,}6 = 26{,}3 \text{ Па}.$$

Повітропроникність при розрахунковій різниці тисків за формулою (12.2):

– повітропроникність кладки з блоків:

$$G_1^{\Delta p_o} = 0{,}312 \left(\frac{26{,}3}{10}\right)^{0{,}8} = 0{,}68 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)};$$

– повітропроникність мінераловатних жорстких плит:

$$G_2^{\Delta p_o} = 22{,}4 \left(\frac{26{,}3}{10}\right)^{1{,}5} = 95{,}3 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)};$$

Масова повітропроникність конструкції з послідовним розміщенням шарів визначається за формулою (12.6):

$$G^к = \left(\frac{1}{0{,}68} + \frac{3}{95{,}3}\right)^{-1} = 0{,}66 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)}$$

Нормативна масова повітропроникність стіни за таблицею 12.1 становить:

$$G_{\text{н}}^{\text{к}} = 0{,}4 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Результат. Масова повітропроникність стінової конструкції не відповідає нормативним вимогам, про що свідчить невиконання умови (12.1).

Задача 12.2 *Оцінка повітропроникності віконного блока*

Визначити можливість використання віконного блока за умови забезпечення нормативних вимог з допустимої повітропроникності.

Проведення оцінки для 9-поверхового житлового будинку з висотою поверху $h = 2{,}7$ м *(м. Полтава).*

Виконання розрахунку

Дана конструкція відноситься до світлопрозорої конструкції (рис. 12.4а).

За даними результатів випробувань повітропроникність віконного блока при тиску $\Delta p = 10$ Па *становить* $0{,}32 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, *показник режиму фільтрації* $n = 0{,}6$.

За формулою (12.3) визначають розрахункову різницю тисків, що відповідає різниці тисків першого поверху та дев'ятого.

Для цього розраховують питому вагу відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря за формулами (12.4), (12.5):

$$\gamma_{\text{зн}} = \frac{3463}{273 + (-20)} = 13{,}8 \text{ Н}/\text{м}^3 ;$$

$$\gamma_{\text{в}} = \frac{3463}{273 + 20} = 11{,}8 \text{ Н}/\text{м}^3 ;$$

– для першого поверху:

$$\Delta p = (9 \times 2{,}7 - 0{,}5 \times 2{,}7)(13{,}8 - 11{,}8) + 0{,}03 \times 13{,}8 \times 3{,}6^2 \cdot 0{,}9 = \\ = 50{,}7 \text{ Па}.$$

– для дев'ятого поверху:

$$\Delta p = (9 \times 2{,}7 - 8{,}5 \times 2{,}7)(13{,}8 - 11{,}8) + 0{,}03 \times 13{,}8 \times 3{,}6^2 \cdot 0{,}9 = \\ = 7{,}5 \text{ Па}.$$

Масова повітропроникність одношарової світлопрозорої конструкції визначається за формулою (12.2):

– *для першого поверху*

$$G^{к} = G^{\Delta p} = 0{,}32 \times \left(\frac{50{,}7}{10}\right)^{0{,}6} = 0{,}85 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

– *для дев'ятого поверху*

$$G^{к} = G^{\Delta p} = 0{,}32 \times \left(\frac{7{,}5}{10}\right)^{0{,}6} = 0{,}27 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Нормативна масова повітропроникність світлопрозорої конструкції за таблицею 12.1 становить:

$$G_{н}^{к} = 4 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

За результатами проведених розрахунків визначено, що даний віконний блок може використовуватись для даного будинку на всіх поверхах.

Питання для самоконтролю

1. Фізичний зміст коефіцієнта повітропроникнення й опору повітропроникненню.
2. Вплив повітропроникнення на тепловий і вологісний режими огороджувальних конструкцій.
3. Спонукальні сили, що забезпечують фільтрацію повітря.
4. Визначення тиску повітря на огороджувальної конструкції будинків за рахунок гравітаційних сил.
5. Визначення тиску повітря на огороджувальної конструкції будинків за рахунок вітру.
6. Значення опору повітропроникненню огороджувальної конструкцій.
7. Визначення необхідного опору повітропроникненню огороджувальної конструкцій.
8. Вплив форми будинку на вітровий тиск на огороджувальної конструкції.

Задача для самостійного рішення

Задача 12.8 *Використовуючи вихідні дані задачі 12.7, визначити необхідний опір повітропроникненню $R_{g_н}$ вікна житлового будинку.*

13 ВОЛОГІСНИЙ РЕЖИМ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

13.1 Причини зволоження будівельних конструкцій

Небажане зволоження матеріалів будівельних конструкцій може бути викликано такими видами вологи: будівельної (технологічної), ґрунтової, атмосферної, експлуатаційної, гігроскопічної, що конденсується.

Будівельна волога вноситься у конструкцію огородження при виготовленні елементів будинку, а також у період виконання будівельно-монтажних робіт. Для видалення надлишкової будівельної вологи бажано планувати початок експлуатації будинків із настанням теплого періоду року. У першу зиму експлуатації варто забезпечити більш інтенсивне опалення і вентиляцію. Ці заходи будуть сприяти видаленню надлишкової вологи в кам'яних будинках у перші 2-3 роки, й надалі будівельна волога не буде робити несприятливого впливу на вологісний режим огородження.

Ґрунтова волога може проникнути в огородження за рахунок капілярного всмоктування при відсутності або недостатній вологонепроникності гідроізоляції. При правильному виконанні гідроізоляції ґрунтова волога на вологісний режим огородження не впливає.

Атмосферна волога проникає в конструкції внаслідок впливу косих дощів, талих вод. Захист від атмосферної вологи забезпечується матеріалами, що мало вбирають вологу, щільною розшивкою швів цегельної кладки. У великопанельних будинках необхідно забезпечити надійну герметизацію сполучень конструктивних елементів. Легкобетонні панелі повинні мати зовнішній щільний фактурний шар.

Експлуатація будинків (лазні, деякі промислові будинки) пов'язана з мокрими технологічними процесами. Для захисту від проникнення **експлуатаційної вологи** передбачають водонепроникні підлоги, пристрої для відведення води в каналізацію, облицювання внутрішніх поверхонь стін керамічними, скляними й іншими плитками, нанесення водонепроникних штукатурок.

Будівельні матеріали мають властивість поглинати з повітря (сорбувати) вологу, яка називається **гігроскопічною**. Добавки хлористого натрію або нітрату натрію при кладці цегляних стін у холодний період року збільшують гігроскопічність, можуть призвести до зниження теплозахисних якостей стін, появи сирих плям, нальотів солей. Усунути ці явища важко. Варто уникати застосування таких добавок у розчині кладок без достатнього обґрунтування.

Конденсація вологи з повітря тісно пов'язана з температурно-вологісним режимом приміщення, а також із вологозахисними якостями зовнішніх огороджень. Конденсація вологи можлива як на поверхні огородження, так і в його товщі.

Підвищення вологості матеріалів веде до зниження теплозахисних якостей огороджувальних конструкцій. Вологий матеріал – сприятливе середовище для розвитку грибків, цвілі й інших біологічних процесів. Вогкість у приміщеннях може бути причиною ряду захворювань людей. Підвищена вологість матеріалів зовнішніх огороджувальних конструкцій знижує їх довговічність унаслідок руйнації при періодичному заморожуванні й відтаюванні, веде до розшарування конструкції через утворення прошарків із льоду. Останнє характерно для будинків холодильників із низькотемпературними камерами.

Застосування в сучасному будівництві багатошарових конструкцій, у тому числі з ефективними утеплювачами, потребує особливої уваги до прогнозування їх вологісного режиму з метою забезпечення необхідної довговічності й експлуатаційних властивостей.

Найбільшу небезпеку для огороджень становить гігроскопічне (сорбційне) і конденсаційне зволоження.

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку на основі багатошарових конструкцій треба розташовувати з внутрішньої сторони конструкції шари з матеріалів, що мають більш високий опір паропроникненню.

Для видалення вологи та для запобігання водонакопиченню у товщі конструкції влаштовують (за можливості) вентильовані повітряні прошарки. Вони мають бути розташовані між зовнішнім захисно-опоряджувальним шаром та шаром теплоізоляції.

Для традиційних суміщених покриттів будинків обов'язковим є встановлення пароізоляційного шару нижче шару утеплювача.

Основним заходом, що виключає конденсацію вологи в суміщених покриттях, є вентиляція їх товщі зовнішнім повітрям. Обов'язковим елементом системи вентиляції покрівель є вентиляційний прошарок, що влаштовується під покрівельним килимом та з'єднується з зовнішнім повітрям через відкриті канали по периметру покриття з робочим перерізом площею, що дорівнює 1/500 площі поверхні покриття.

Зв'язок між внутрішнім повітрям та прошарком недопустимий.

13.2 Конденсація і сорбція водяної пари

Атмосферне повітря містить деяку кількість вологи у вигляді водяної пари, що й зумовлює його вологість. Абсолютна вологість

повітря f виражається кількістю вологи в міліграмах, що утримується в $1\ м^3$ повітря.

Чим більша абсолютна вологість, тим більший парціальний тиск (пружність) водяної пари при однакових температурі і барометричному тискові. Для заданих температур повітря і барометричного тиску є граничне (максимальне) значення пружності водяної пари Е. Чим вища температура повітря, тим більше значення Е й тим більшу кількість вологи f може містити повітря. Пружність водяної пари вимірюється в паскалях (Па).

Ступінь насичення повітря водяною парою характеризується відносною вологістю повітря φ, що визначається як відношення дійсної пружності водяної пари e до максимальної пружності E при даній температурі:

$$\varphi = \frac{e}{E}100, \tag{13.1}$$

Від відносної вологості повітря, що оточує матеріал, залежить інтенсивність випаровування вологи зі зволожених поверхонь, а також інтенсивність сорбції (поглинання) вологи матеріалом.

При підвищенні температури значення E зростає, а значення φ зменшується і навпаки.

При зниженні температури значення E стає рівним значенню e. У цьому випадку відносна вологість $\varphi = 100\ \%$ (повітря має максимально можливе насичення водяною парою). Ця температура зветься точкою роси й позначається τ_p. При подальшому зниженні температури пружність водяної пари Е також буде зменшуватися, а зайва волога буде виділятися у вигляді конденсату на матеріальних поверхнях або на порошинах і аерозолях, що утримуються в повітрі.

Нормальним для постійного перебування людей у приміщенні є відносна вологість $\varphi = 30 \dots 60\ \%$. При вологості більше ніж $60\ \%$ відчувається зменшення тепловіддачі організму за рахунок випару вологи тілом людини. Зниження вологості нижче від $30\ \%$ викликає посилене випарування вологи зі шкіри і слизуватих оболонок та пов'язані з цим неприємні відчуття в роті й горлі. При проектуванні огороджувальних конструкцій їх оцінюють на можливість конденсаційного зволоження поверхні. Для цього визначається температура внутрішньої поверхні за формулою:

$$\tau_в = t_в - \frac{n(t_в - t_з)}{R_\Sigma \cdot \alpha_в}, \tag{13.2}$$

Якщо $\tau_в > \tau_р$, конденсації вологи на поверхні огородження не буде. У протилежному випадку пароподібна волога переходить у капельнорідинний стан із зволоженням поверхні огородження.

Конденсація в першу чергу спостерігається в місцях розташування теплопровідних включень (стики панелей, перемички і т.п.), а також на поверхнях, де знижена інтенсивність теплообміну (кути приміщень, поверхні закриті меблями, килимами тощо).

Температуру внутрішніх поверхонь по теплопровідному включенню варто визначати за [6] для інших випадків – на підставі розрахунку температурного поля конструкції.

Підвищити температуру внутрішньої поверхні і тим самим не припустити конденсації водяної пари можна, збільшивши опір теплопередачі огородження R_{Σ} або коефіцієнта тепловіддачі $\alpha_{в}$ внутрішньої поверхні. Для підвищення $\alpha_{в}$ необхідно в першу чергу вжити заходів для збільшення швидкості руху повітря у поверхні огородження.

При експлуатації нових будинків, унаслідок інтенсивного надходження вологи з конструкцій у процесі їх сушіння, абсолютна і відносна вологості внутрішнього повітря можуть бути вищими від розрахункових. Запобіганню утворенню конденсату в цьому випадку буде сприяти більш інтенсивне провітрювання приміщень. Незначна теплоємність повітря, яке використовується при цьому на повітрообмін, не приведе до істотного зниження температури приміщення.

У приміщеннях, де технологічний процес супроводжується великим виділенням вологи з високою відносною вологістю внутрішнього повітря, виключити випадання конденсату на внутрішніх поверхнях зовнішніх огороджувальних конструкцій важко або неможливо. З метою недопущення зволоження всієї товщини огороджень їх внутрішні поверхні необхідно виконувати паро-вологонепроникними.

Поява видимої конденсації залежить від структури й оздоби поверхні. Так, на пористій оштукатуреній поверхні краплі роси з'являються пізніше, ніж на поверхні, яка пофарбована олійною фарбою. Це пояснюється тим, що пориста поверхня на початку періоду конденсації поглинає вологу і тільки після насичення на ній з'являється видиме зволоження.

Поверхні значної площі, які поглинають вологу, можуть виступати як регулятор (у визначених межах) вологості в приміщеннях за рахунок періодичного поглинання при високій віддачі і при низькій відносній вологості внутрішнього повітря. Якщо конденсація продовжується довго, пориста поверхня стає сирою і для її висихання потрібен тривалий час.

Відсутність конденсації вологи на внутрішній поверхні не охороняє огородження від зволоження. Зволоження матеріалу конструкції може відбуватися внаслідок сорбції та конденсації водяної пари у товщі самого огородження. Процес поглинання матеріалом вологи з повітря називається сорбцією.

Помістивши вологий зразок у повітряне середовище з низькою вологістю, спостерігають процес десорбції, тобто віддачі вологи матеріалом навколишньому повітрю.

Кількість сорбційної вологи залежить від виду матеріалу, відносної вологості і температури повітря. Підвищення відносної вологості й зниження температури повітря сприяють збільшенню сорбційного (гігроскопічного) зволоження матеріалів.

Залежність між масовим відношенням вологи ω у матеріалі і відносною пружністю водяної пари в матеріалі φ (при $t = 20$ °C) можна простежити на прикладі ізотерми сорбції водяної пари деревиною (рис. 13.1).

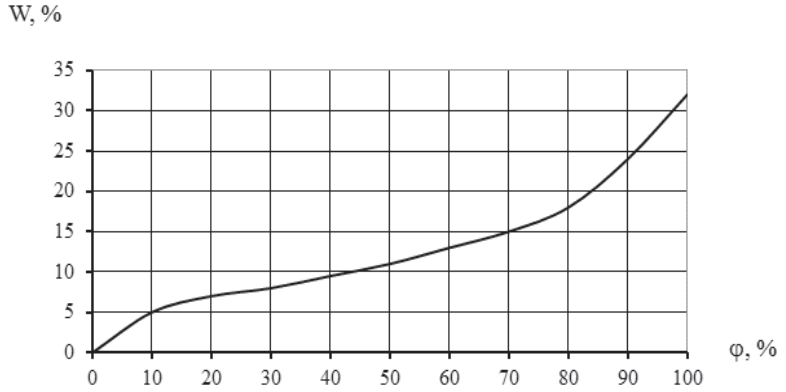


Рис. 13.1 Ізотерма сорбції водяної пари деревиною

Із рис. 13.1 видно, що при φ, близькій до 100 %, кількість вологи, яка сорбується матеріалом, різко зростає. Для інших будівельних матеріалів значення сорбційних вологостей наведені в [54].

Масове відношення вмісту вологи за рахунок сорбції в органічних матеріалах може бути значним (для деревини до 32,7 %). Неорганічні матеріали менше схильні до сорбційного зволоження, наприклад, звичайна глиняна цегла має сорбційне зволоження до 0,6 %. Спроможність матеріалу до сорбційного зволоження слід ураховувати при проектуванні для конкретних експлуатаційних (за вологістю) умов роботи конструкцій.

13.3 Паропроникнення матеріалів

При однаковій відносній вологості і барометричному тискові парціальний тиск (пружність) водяної пари буде більше в тому повітряному середовищі, температура якого вища.

Різниця значень парціального тиску водяної пари внутрішнього й зовнішнього повітря в зимовий період викликає потік водяної пари крізь зовнішні огородження опалювальних будинків у напрямку від внутрішньої їх сторони до зовнішньої. У будинках холодильників із низькотемпературними камерами рух водяної пари буде мати місце в літній період від зовнішньої сторони огородження до внутрішньої. Це явище зветься дифузією водяної пари крізь огородження. Властивість матеріалів пропускати водяну пару називається паропроникненням.

Кількість водяної пари, що проникає (дифундує) при сталому потокові крізь однорідне огородження:

$$P = (e_{\text{в}} - e_{\text{з}})\frac{\mu}{\delta}F \cdot Z\,, \qquad (13.3)$$

де $e_{\text{в}}$, $e_{\text{з}}$ – парціальний тиск водяної пари відповідно з внутрішньої і зовнішньої сторони огородження, Па;

μ – коефіцієнт паропроникності матеріалу, що виражає кількість пари в міліграмах, яка проникає крізь 1 м^2 огородженнятовщиною 1 м за 1 годину при різниці парціальних тисків водяної пари на поверхнях, мг/(м · год.· Па), 1 Па;

δ – товщина огородження, м;

F – площа огородження,$м^2$;

Z – час, протягом якого відбувається процес паропроникнення, год.

Необхідні розрахункові значення коефіцієнтів паропроникності μ визначаються експериментально при відносній пружності водяної пари 100 % з однієї сторони зразка і 50…60 % з іншої. При цьому середнє значення відносної пружності пари в зразку матеріалу складає біля 75…80 %. Значення коефіцієнтів паропроникності μ подані у додатку А або табл. А1 [18].

Опір паропроникненню матеріального шару $R_{\text{е}}$, м^2 · год.· Па/мг, визначається відношенням товщини шару δ до коефіцієнта паропроникності μ матеріалу:

$$R_{\text{е}} = \frac{\delta}{\mu}\,, \qquad (13.4)$$

Опір паропроникненню багатошарової огороджувальної конструкції (або її частини) дорівнює сумі опорів паропроникненню складових її шарів:

$$R_{\text{е}\Sigma} = R_{\text{е}1} + R_{\text{е}2} + \cdots + R_{\text{е}n} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \cdots + \frac{\delta_n}{\mu_n}\,, \qquad (13.5)$$

Опори паропроникненню листових матеріалів і тонких шарів пароізоляції наведені в дод. У.

13.4 Оцінка вологісного режиму огороджувальних конструкцій

При проектуванні зовнішніх огороджень слід вживати заходів щодо:

- запобігання можливості зволоження матеріалів огороджувальної конструкції;
- уникнення можливості конденсації водяної пари на внутрішній поверхні огороджувальної конструкції;
- запобігання можливості конденсації водяної пари в товщі огороджувальної конструкції;

забезпечення умови від'ємного або нульового річного балансу вологи в товщі огороджувальних конструкцій (умови виведення за період вологовіддачі всієї вологи, що сконденсувалася за період вологонакопичення).

Алгоритм визначення тепловологісного стану огороджувальних конструкцій наведено на рис. 13.2 .

Згідно з [37] для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків обов'язкове виконання умови:

$$\Delta w \leq \Delta w_{д}, \tag{13.6}$$

де Δw – збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи, за холодний період року, % за масою;

$\Delta w_{д}$– допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу, в шарі якого може відбуватися конденсація вологи, % за масою, що встановлюється згідно з таблицею 13.1 залежно від виду матеріалу.

Для від'ємного або нульового річного балансу вологи в товщі огороджувальних конструкцій необхідне виконання наступної умови:

$$W_{зп} \leq W_{лп}, \tag{13.7}$$

де $W_{зп}$ – кількість накопиченої в товщі огороджувальної конструкції вологи, що сконденсувалася за період вологонакопичення року, кг/м^2;

$W_{лп}$ – кількість вологи, що випаровується з огороджувальної конструкції за період вологовіддачі року, кг/м^2.

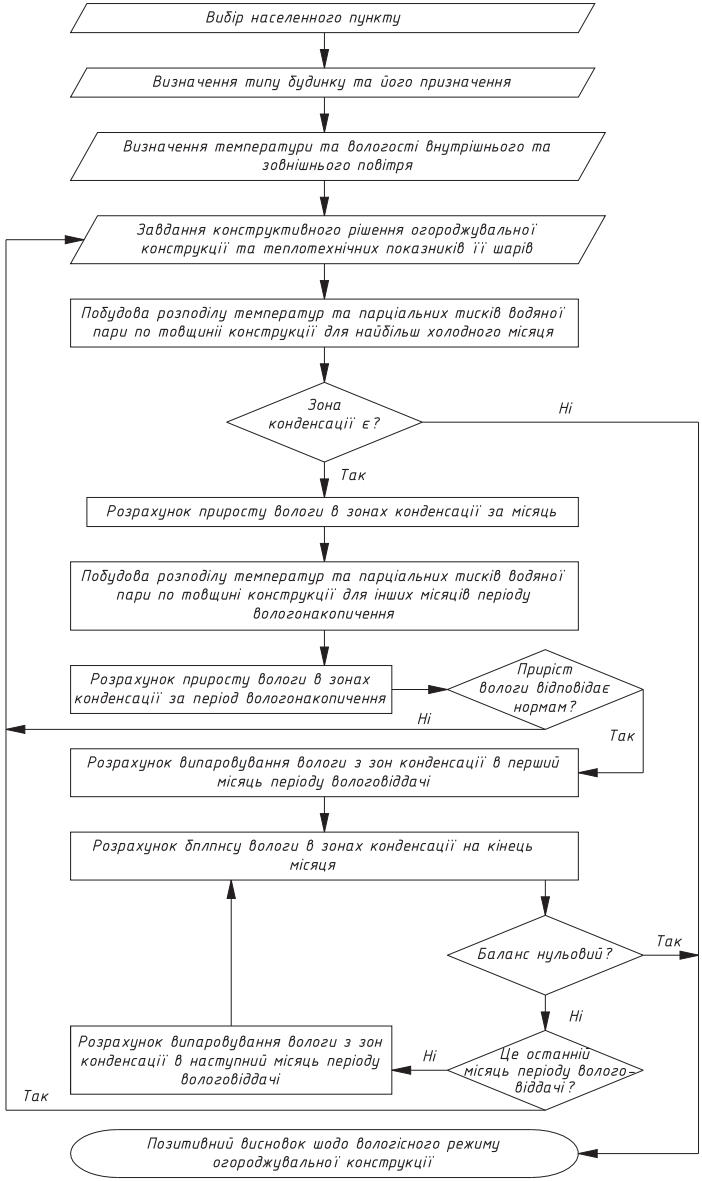


Рис. 13.2 Алгоритм визначення тепловологісного стану огороджувальних конструкцій

Таблиця 13.1

Допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу, Δw_{∂}, в конструкції в холодний період року (табл. 8, [6])

Найменування матеріалу	Значення Δw_{∂}, %
Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати	2
Вироби пінополістирольні	2,5
Вироби з жорсткого пінополіуретану	3
Вироби з карбамідо-формальдегідних пінопластів	7
Ніздрюваті та легкі бетони	1,2
Вироби перлітові	2
Плити з природних органічних та неорганічних матеріалів	7
Вироби з кремнезиту	2,5
Цегляне мурування	1,5
Піногазоскло	1,5
Мурування з силікатної цегли	2
Засипки з керамзиту, шунгізиту	3
Важкий бетон, цементно-піщаний розчин	2

13.5 Порядок розрахунку тепловологісного стану одношарових конструкцій

Розрахунок тепловологісного стану огороджувальних конструкцій будинків та споруд слід виконувати графоаналітичним методом або за допомогою спеціального програмного забезпечення для типових конструктивних рішень огороджувальних конструкцій будинку. Розрахунок проводиться за стаціонарними умовами дифузії водяної пари. При цьому прийняті наступні допущення:

- конструкція є плоскою та термічно однорідною;
- опори паропереходу внутрішньої та зовнішньої поверхонь конструкції дорівнюють нулю;
- в межах однорідного шару конструкції парціальний тиск насиченої водяної пари змінюється за криволінійним законом;
- якщо має місце конденсація вологи в товщі конструкції, то зона конденсації має товщину, що дорівнює всій товщині або частині товщини основного шару (зона конденсації – шар).
- опір паропроникності замкнутого повітряного прошарку в конструкції дорівнює нулю.

Розрахунок тепловологісного стану огороджувальної конструкції починають з аналізу умов дифузії водяної пари найбільш холодного місяця року, для чого виконують наступні розрахунки.

Визначають опори паропроникненню кожного шару R_{ex} та конструкції в цілому R_{Σ}, $(м^2 \cdot год \cdot Па)/мг$, за наступними формулами:

$$R_{e\Sigma} = \sum_{j=1}^{n} \frac{\delta_j}{\mu_j}, \tag{13.8}$$

$$R_{ex} = \sum_{j=1}^{m} \frac{\delta_j}{\mu_j} + \frac{x - \sum_{j=1}^{m} \delta_j}{\mu_{(m+1)}}, \tag{13.9}$$

де n – загальна кількість шарів у конструкції;

m – кількість повних шарів від внутрішньої поверхні до перерізу х;

δ_j – товщина j-го шару, м;

x – відстань між внутрішньою поверхнею огородження та розрахунковою площиною, м;

μ_j – коефіцієнт паропроникності матеріалу j-го шару, $мг/(м \cdot год \cdot Па)$, що визначають відповідно до додатку А або табл. А1[18];

$\mu_{(m+1)}$ – коефіцієнт паропроникності матеріалу шару, $мг/(м \cdot год \cdot Па)$, в якому розташований переріз х.

Визначають розрахункові значення температури $t_в$, °С, та відносної вологості $\varphi_в$, %, внутрішнього повітря (таблиця 5.7 або табл. В.2 [6]).

Визначають розрахункові значення температури $t_з$, °С,та відносної вологості $\varphi_з$, %, зовнішнього повітря, як кліматичні параметри січня, згідно з табл. 2.

Визначають розподіл температур $t(x)$, °С, по товщині конструкції за формулою:

$$t(x) = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_{\Sigma}} \left(\frac{1}{\alpha_в} + R_x \right), \tag{13.10}$$

де $t_в$ – внутрішня температура приміщення, °С, яку визначають в залежності від призначення приміщення відповідно до таблиці 5.7 або табл. В.2 [6], або проектної документації будинку;

$t_з$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С, яку визначають відповідно до табл. 5.11 або [6], в залежності від регіону України для якого проводиться розрахунок, як середня місячна температура повітря;

R_{Σ} – опір теплопередачі огороджувальної конструкції, $(м^2 \cdot К)/Вт$;

$\alpha_в$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), приймають згідно з таблицею 5.8 або дод. Б [18];

R_x – опір теплопередачі частини огороджувальної конструкції, що розташована між внутрішньою поверхнею та площиною, для якої проводиться розрахунок, (м^2 · К)/Вт;

x – теж саме, що у формулі (13.9).

Розрахунок опорів теплопередачі R_Σ і R_x проводиться відповідно до розділу 4.

Визначають парціальний тиск насиченої водяної пари E, Па, на внутрішній ($E_в$) та зовнішній ($E_з$) поверхнях огороджувальної конструкції та розподіл парціального тиску насиченої водяної пари по товщині конструкції ($E_х$), за розподілом $t(x)$ згідно з табл. 13.2.

Таблиця 13.2

Значення тиску насиченої водяної пари E, Па, при різних температурах повітря t, °С, за нормального атмосферного тиску (табл. Б.1, [37])

Ціла частина t, °С	Дробова частина t, °С									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	2	3	45	6	7	8	9	10	11	12
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3793	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3363	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3343
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2827	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1659

1	2	3	45	6	7	8	9	10	11	12
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1460	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	675	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	624	626	630	635	640	645	648	653
-0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262.
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

У довільному масштабі викреслюють умовний переріз огороджувальної конструкції, в якому товщина кожного шару дорівнює його значенню опору паропроникненню (див. рис. 13.3-13.4).

На осі, що паралельна ліням меж шарів задають шкалу парціального тиску p, Па, та будують розподіл $E_{\text{х}}$, точки якого з'єднуються за допомогою кривої лінії.

Кількість точок для побудови кривої розподілу $E_{\text{х}}$ береться в розрахунку 11 точок на 1°С перепаду температури по товщині шару.

У межах штукатурних шарів розподіл $E_{\text{х}}$ будується за допомогою прямих ліній.

Визначають парціальні тиски водяної пари e, Па, на внутрішній ($e_{\text{в}}$) та зовнішній ($e_{\text{з}}$) поверхні огородження відповідно за формулами:

$$e_{\text{в}} = 0{,}01 \cdot \varphi_{\text{в}} \cdot E_{\text{в}}, \tag{13.11}$$

$$e_{\text{з}} = 0{,}01 \cdot \varphi_{\text{з}} \cdot E_{\text{з}}, \tag{13.12}$$

Отримані значення $e_{\text{в}}$ та $e_{\text{з}}$ відкладають на умовному перерізі у масштабі шкали р та з'єднуються відрізком прямої – лінією e.

У разі, якщо лінії E і e не перетинаються – то конденсація водяної пари в товщі огороджувальної конструкції відсутня, і умови (13.6) та (13.7) слід вважати виконаними.

У разі, якщо лінії E та e перетинаються, то в товщі конструкції утворюється зона конденсації водяної пари, подальший розрахунок проводять за наступною методикою.

З точок $e_{\text{в}}$ та $e_{\text{з}}$ проводять дотичні до лінії Е. Точки дотику позначають як $p_{\text{в}}$ та $p_{\text{з}}$ відповідно.

Якщо точки дотику не співпадають ($p_{\text{в}} \neq p_{\text{з}}$), то лінією розрахункового розподілу парціального тиску водяної пари в товщі конструкції буде ламана $e_{\text{в}}p_{\text{в}}p_{\text{з}}$е, а зона конденсації представлятиме собою шар, що знаходиться між точками $p_{\text{в}}$ і $p_{\text{з}}$.

Для зони конденсації виконують розрахунок приросту вологи за період τ, год, розрахункового місяця року. Формули для визначення кількості накопиченої огороджувальною конструкцією вологи за розрахунковий місяць W, кг/м^2, для можливих варіантів зон конденсації наведено на рис. 13.3 – 13.4.

У випадку наявності конденсації водяної пари при розрахунку для найбільш холодного місяця року згідно з додатком Г аналогічні графічні побудови слід робити для усіх місяців року, в яких має місце конденсація вологи в товщі огородження. Ці місяці складають період накопичення вологи у конструкції.

За результатами розрахунку для кожного місяця періоду накопичення вологи визначають сумарну кількість вологи, що накопичується в зоні конденсації за даний період $W_{\text{зп}}$.

На рисунку 13.3 наведена розрахункова схема при відсутності конденсації водяної пари в огородженні.

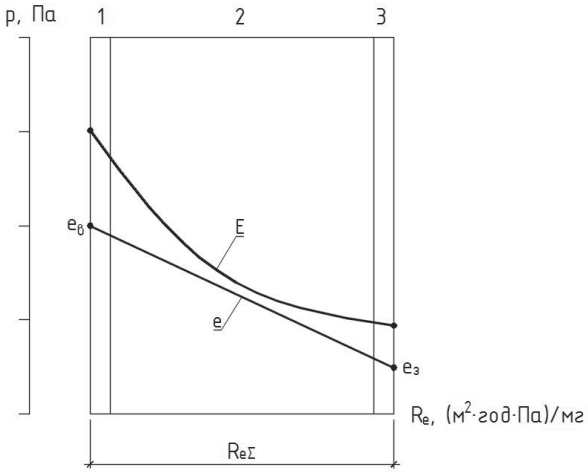


Рис. 13.3 Конденсація водяної пари в товщі конструкції відсутня.

На рисунку 13.4 наведена розрахункова схема при конденсації водяної пари в другому шарі огородження.

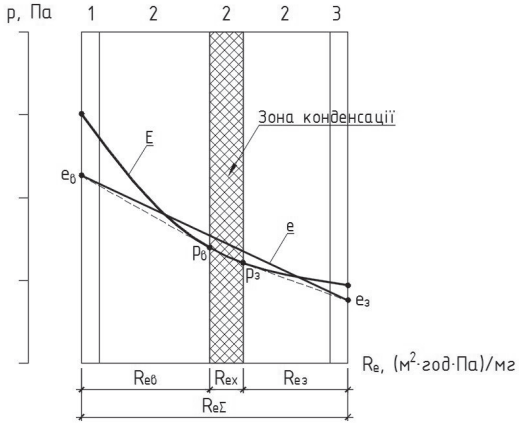


Рис. 13.4 Зона конденсації – шар 2.

Розрахункові формули для визначення кількості накопиченої шарами одношарової огороджувальної конструкції вологи, що сконденсувалася за розрахунковий місяць за розрахунковою схемою 13.4:

1. Кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення дорівнює:

$$i_{\text{в}} = \frac{e_{\text{в}} - p_в}{R_{\text{ев}}}, \tag{13.13}$$

2. Кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації дорівнює:

$$i_{\text{з}} = \frac{p_{\text{з}} - \text{e}_{\text{з}}}{R_{\text{ез}}}, \tag{13.14}$$

3. Кількість вологи W_i, кг/м^2, що конденсується в конструкції за розрахунковий місяць:

$$W_i = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{з}}) \cdot 10^{-6}, \tag{13.15}$$

Розрахунок приросту вологи Δw, %, у шарі матеріалу, у якому відбувається конденсація вологи, виконують за формулою:

$$\Delta w = \frac{W}{\delta_к \cdot \rho_к} 100\%, \tag{13.16}$$

де $\delta_{\text{к}}$ – товщина шару матеріалу, у якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, м;

$\rho_{\text{к}}$ – густина шару матеріалу, в якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, кг/м^3.

Місяці, в яких конденсація вологи не відбувається, складають період вологовіддачі. Розрахунок кількості вологи, що випаровується з конструкції за цей період, починають з першого місяця, що настає після закінчення періоду вологонакопичення.

Для розрахунку кількості вологи, що випаровується за відповідний місяць із зони конденсації, що утворилася за період накопичення вологи, приймають парціальний тиск водяної пари в межах зони рівним тиску насиченої водяної пари для середньої температури в цій зоні.

При побудові лінії падіння парціального тиску $\rho_{\text{к}}$ відкладається посередині шару, а зона конденсації – шар, замінюється на зону конденсації – площину (рис. 13.5).

Якщо парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря $e_{\text{в}}$ буде більше ніж тиск насиченої водяної пари в зоні конденсації $p_{\text{к}}$ та кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації менше ніж видаляється, процес випаровування вологи слід вважати таким, що йде тільки у напряму до зовнішнього повітря.

Якщо парціальні тиски водяної пари внутрішнього повітря $e_в$ та зовнішнього повітря $e_з$ менше ніж тиск насиченої водяної пари в зоні конденсації $p_к$, процес випаровування вологи слід вважати таким, що йде в обох напрямках.

Алгоритм розрахунку кількості вологи, що випаровується за розрахунковий місяць періоду вологовіддачі для найбільш розповсюджених варіантів конструкцій наведено на рисунку 13.5.

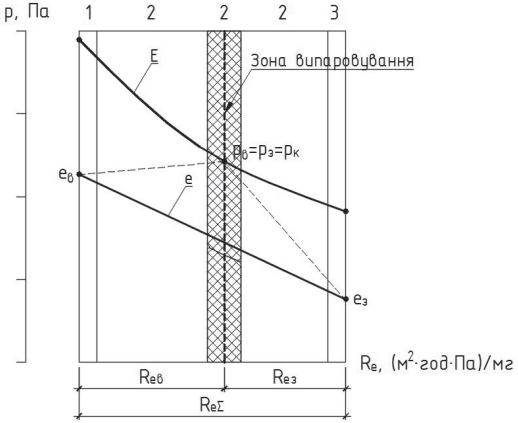


Рис. 13.5 Вологовіддача з огородження

Розрахункові формули для визначення кількості вологи, що випаровується за розрахунковий місяць періоду вологовіддачі за розрахунковою схемою 13.5:

1. Кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що видаляється із зони конденсації в сторону приміщення дорівнює:

$$i_в = \frac{p_к - e_в}{R_{eв}}, \qquad (13.17)$$

2. Кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації дорівнює:

$$i_з = \frac{p_к - e_з}{R_{eз}}, \qquad (13.18)$$

3. Кількість вологи $W_{лп}$, кг/м^2, що випаровується з зони конденсації за розрахунковий період дорівнює:

$$W_{лп} = \tau(i_в + i_з) \cdot 10^{-6}, \qquad (13.19)$$

Після розрахунку кількості вологи, що випарилась протягом місяця з зони конденсації, підраховують баланс вологи на початок наступного місяця періоду вологовіддачі. Якщо баланс від'ємний, це свідчить, що з конструкції випарилась уся волога, що накопичилась в ній за період вологонакопичення, тобто виконується умова (13.7).

Якщо ж у конструкції залишалась волога, то визначають зону випаровування на початок наступного місяця і кількість вологи у ній. Після чого проводиться вище наведені розрахунки для наступного місяця періоду вологовіддачі.

Розрахунок закінчується місяцем, для якого виконується умова (13.7). Якщо умова (13.7) не виконується протягом періоду вологовіддачі, це свідчить, що конструкція не задовольняє вимогам ДБНВ.2.6-31.

13.6 Порядок розрахунку тепловологісного стану багатошарових конструкцій.

Розрахунок тепловологісного стану багатошарових конструкцій виконують аналогічно розрахунку тепловологісного стану одношарових конструкцій з наступними допущеннями:

- розрахунок проводиться за стаціонарними умовами дифузії водяної пари;
- конструкція є плоскою та термічно однорідною;
- опори паропереходу внутрішньої та зовнішньої поверхонь конструкції дорівнюють нулю;
- в межах однорідного шару конструкції парціальний тиск насиченої водяної пари змінюється за лінійним законом;
- якщо має місце конденсація вологи в товщі конструкції, то вона триває або на межі двох сусідніх шарів (зона конденсації – площина), або зона конденсації має товщину, що дорівнює товщині певного шару (зона конденсації – шар).
- опір паропроникності замкнутого повітряного прошарку в конструкції дорівнює нулю.

Визначають парціальний тиск насиченої водяної пари E, Па, на внутрішній ($E_{\text{в}}$) та зовнішній ($E_{\text{з}}$) поверхнях огороджувальної конструкції та на всіх інших межах шарів ($E_{\text{х}}$), за розподілом $t(x)$ згідно з таблицею 13.2.

У довільному масштабі викреслюють умовний переріз огороджувальної конструкції, в якому товщина кожного шару дорівнює його значенню опору паропроникненню (рис.13.6-13.9).

На осі, що паралельна лініям меж шарів задають шкалу парціального тиску p, Па, та на відповідних межах відкладають значення $E_{\text{х}}$. Ці значення з'єднують ламаною – лінією E.

Визначають парціальні тиски водяної пари e, Па, на внутрішній ($e_в$) та зовнішній ($e_з$) поверхні огородження відповідно за формулами:

$$e_в = 0{,}01 \cdot \varphi_в \cdot E_в, \quad (13.20)$$

$$e_з = 0{,}01 \cdot \varphi_з \cdot E_з, \quad (13.21)$$

Отримані значення $e_в$ та $e_з$ відкладають на умовному перерізі у масштабі шкали р та з'єднуються відрізком прямої – лінією e.

У разі, якщо лінії E і e не перетинаються – то конденсація водяної пари в товщі огороджувальної конструкції відсутня, і умови (13.6) та (13.7) слід вважати виконаними.

У разі, якщо лінії E та e перетинаються, то в товщі конструкції утворюється зона (або зони) конденсації водяної пари, подальший розрахунок проводять за наступною методикою.

З точок $e_в$ та $e_з$ проводять дотичні до лінії E. Точки дотику позначають як $p_в$ та $p_з$ відповідно:

1. Якщо точки дотику співпадають ($p_в = p_з = p_к$), то ламана $e_в p_к e_з$ являє собою лінію розрахункового розподілу парціального тиску водяною пари в товщі конструкції, а зона конденсації представлятиме собою площину, що проходить через точку $p_к$.

2. Якщо точки дотику не співпадають ($p_в \neq p_з$), але вони належать одній ланці лінії E, то лінією розрахункового розподілу парціального тиску водяної пари в товщі конструкції буде ламана $e_в p_в p_к e_з$, а зона конденсації представлятиме собою шар, що знаходиться між точками $p_в$ і $p_з$.

3. Якщо точки дотику обох дотичних не співпадають ($p_в \neq p_з$) та знаходяться на різних ланках лінії E, то в товщі огородження утворюються окремі ізольовані зони конденсації водяної пари.

Для зони (або зон) конденсації виконують розрахунок приросту вологи за період τ, год, розрахункового місяця року. Формули для визначення кількості накопиченої огороджувальною конструкцією вологи за розрахунковий місяць W, кг/м^2, для можливих варіантів зон конденсації наведено рис. 13.6-13.9.

У випадку наявності конденсації водяної пари при розрахунку для найбільш холодного місяця року згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27аналогічні графічні побудови слід робити для усіх місяців року, в яких має місце конденсація вологи в товщі огородження. Ці місяці складають період накопичення вологи у конструкції.

На рисунку 13.6 наведена розрахункова схема при відсутності конденсації водяної пари в огородженні, а на рисунку 13.7– зона конденсації – площина між шарами 2 та 3.

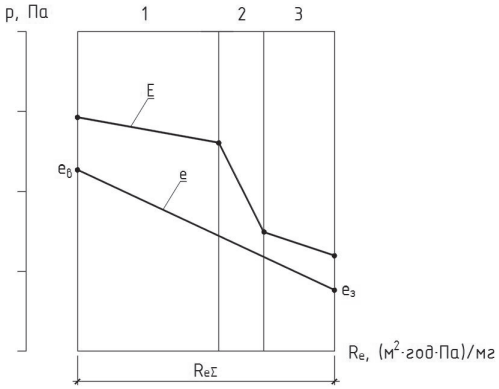


Рис. 13.6 Конденсація водяної пари в товщі конструкції відсутня.

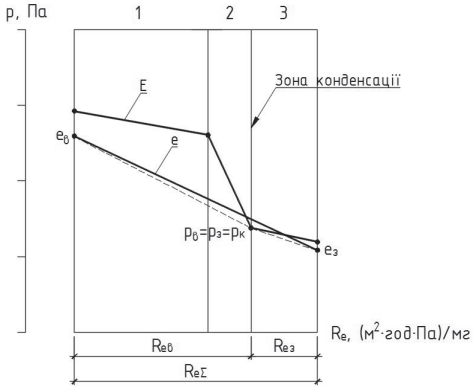


Рис. 13.7 Зона конденсації – площина між шарами 2 та 3.

Розрахункові формули для визначення кількості накопиченої шарами багатошарової огороджувальної конструкції вологи, що сконденсувалася за розрахунковий місяць (за розрахунковою схемою на рис. 13.7).

1. Кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення:

$$i_в = \frac{e_в - p_к}{R_{ев}}, \qquad (13.22)$$

2. Кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації:

$$i_з = \frac{p_к - e_з}{R_{ез}}, \tag{13.23}$$

3. Кількість вологи W_i, кг/м^2, що конденсується в конструкції за розрахунковий місяць:

$$W_i = \tau(i_в - i_з) \cdot 10^{-6}, \tag{13.24}$$

На рисунку 13.8 наведена розрахункова схема при зоні конденсації – дві площини між шарами 1 і 2 та 3 і 4.

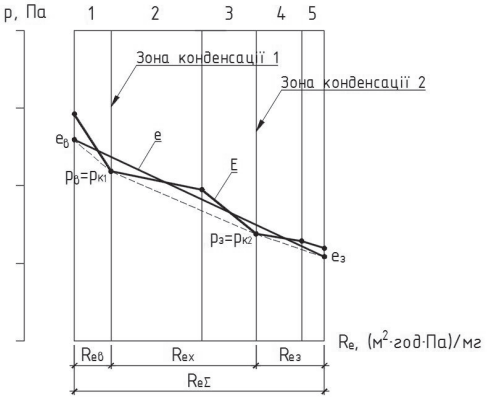


Рис. 13.8 Зони конденсації – дві площини між шарами 1 і 2 та 3 і 4

1. Кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що надходить до зони конденсації 1 зі сторони приміщення дорівнює:

$$i_в = \frac{e_в - p_в}{R_{ев}}, \tag{13.25}$$

2. Кількість водяної пари $i_х$, мг/(м^2·год), що виводиться від зони конденсації 1 і одночасно надходить до зони конденсації 2 дорівнює:

$$i_х = \frac{p_в - p_з}{R_{ех}}, \tag{13.26}$$

3. Кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації 2 дорівнює:

$$i_з = \frac{p_з - e_з}{R_{ез}}, \tag{13.27}$$

4. Кількість вологи, $W_{зпi}$, кг/м^2, що конденсується в конструкції за розрахунковий період у зоні конденсації 1:

$$W_{зп1} = \tau(i_в - i_х) \cdot 10^{-6}, \quad (13.28)$$

у зоні конденсації 2:

$$W_{зп2} = \tau(i_х - i_з) \cdot 10^{-6}, \quad (13.29)$$

5. Загальна кількість вологи $W_{зп}$, кг/м^2, що конденсується в конструкції за розрахунковий період:

$$W_{зп} = W_{зп1} + W_{зп2}\,, \quad (13.30)$$

На рисунку 13.9 наведена розрахункова якщо зони конденсації – площина між шарами 1 та 2 і шар 4.

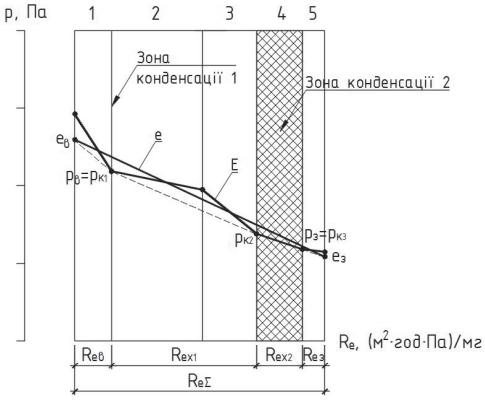


Рис. 13.9 Зони конденсації – площина між шарами 1 та 2 і шар 4

1. Кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що надходить до зони конденсації 1 зі сторони приміщення дорівнює:

$$i_в = \frac{e_в - p_в}{R_{ев}}\,, \quad (13.40)$$

2. Кількість водяної пари $i_х$, мг/(м^2·год), що виводиться від зони конденсації 1 і одночасно надходить до зони конденсації 2 дорівнює:

$$i_{\text{х}} = \frac{p_{\text{в}} - p_{\text{к2}}}{R_{\text{ех1}}}, \tag{13.41}$$

3. Кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації 2 дорівнює:

$$i_{\text{з}} = \frac{p_{\text{з}} - e_{\text{з}}}{R_{\text{ез}}}, \tag{13.42}$$

4. Кількість вологи $W_{\text{зп}i}$, кг/м^2, що конденсується в конструкції за розрахунковий період у зоні конденсації 1:

$$W_{\text{зп1}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{х}}) \cdot 10^{-6}, \tag{13.43}$$

у зоні конденсації 2:

$$W_{\text{зп2}} = \tau(i_{\text{х}} - i_{\text{з}}) \cdot 10^{-6}, \tag{13.44}$$

5. Загальна кількість вологи $W_{\text{зп}}$, кг/м^2, що конденсується в конструкції за розрахунковий період:

$$W_{\text{зп}} = W_{\text{зп1}} + W_{\text{зп2}}, \tag{13.45}$$

За результатами розрахунку для кожного місяця періоду накопичення вологи визначають сумарну кількість вологи, що накопичується в зоні конденсації за даний період $W_{\text{зп}}$.

Розрахунок приросту вологи Δw, %, у шарі матеріалу, у якому відбувається конденсація вологи (у разі розташування зони конденсації на межі шарів приріст розраховується для шару, прилеглого до зони конденсації з боку внутрішньої поверхні), за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{\text{зп}}}{\delta_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{к}}}\ 100\%, \tag{13.46}$$

де $\delta_{\text{к}}$ – товщина шару матеріалу, у якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, м;

$\rho_{\text{к}}$ – густина шару матеріалу, в якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, кг/м^3.

Місяці, в яких конденсація вологи не відбувається, складають період вологовіддачі. Розрахунок кількості вологи, що випаровується з конструкції за цей період, починають з першого місяця, що настає після закінчення періоду вологонакопичення.

Для розрахунку кількості вологи, що випаровується за відповідний місяць із зон конденсації, що утворилися за період накопичення вологи, приймають парціальний тиск водяної пари в межах кожної зони рівним тиску насиченої водяної пари відповідно до температури в цій зоні.

Будується лінія падіння парціального тиску в товщі огородження $e_в E_1 E_2 \ldots E_j \ldots E_N e_з$, де E_1, E_2, …, E_j, …, E_N – тиски насиченої водяної пари у відповідних зонах конденсації, N – кількість зон конденсації у товщі огородження.

Якщо j-та зона конденсації – шар, то для побудови лінії падіння парціального тиску приймається середня температура у шарі, а E_j відкладається посередині шару, а зона конденсації – шар, замінюється на зону конденсації – площину.

За умови, якщо парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря $e_в$ буде більше ніж тиск насиченої водяної пари в зоні конденсації $p_к$ та кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації менше ніж видаляється, процес випаровування вологи слід вважати таким, що йде тільки у напрямку до зовнішнього повітря.

За умови, якщо парціальні тиски водяної пари внутрішнього повітря $e_в$ та зовнішнього повітря $e_з$ менше ніж тиск насиченої водяної пари в зоні конденсації $p_к$, то процес випаровування вологи слід вважати таким, що йде в обох напрямках.

Алгоритм розрахунку кількості вологи, що випаровується за розрахунковий місяць періоду вологовіддачі для найбільш розповсюджених варіантів конструкцій наведено на рис. 13.10-13.12.

Після розрахунку кількості вологи, що випарилась протягом місяця з кожної зони конденсації, визначають баланс вологи у зонах конденсації на початок наступного місяця періоду вологовіддачі. Якщо у всіх зонах баланс від'ємний, то це свідчить, що з конструкції випарилась уся волога, що накопичилась в ній за період вологонакопичення, тобто виконується умова (13.7).

Якщо ж у конструкції залишалась волога, то визначають зони конденсації на початок наступного місяця і кількість вологи у кожній зоні. Після чого проводять розрахунок за вище наведеною методикою для наступного місяця періоду вологовіддачі.

Розрахунок закінчується місяцем, для якого виконується умова (13.7). Якщо умова (13.7) не виконується потягом періоду вологовіддачі, це свідчить, що конструкція не задовольняє вимогам ДБНВ.2.6-31.

На рисунку 13.10 наведена розрахункова якщо зони конденсації – площина між шарами 1 та 2 і шар 4.

Розрахункова схема періоду вологовіддачі з однією зоною випаровування наведена на рисунку 13.10.

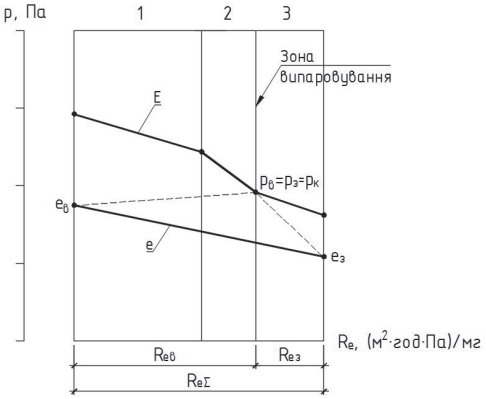


Рис. 13.10 Вологовіддача з огородження з однією зоною випаровування

Розрахункові формули для визначення кількості вологи, що випаровується за розрахунковий місяць періоду вологовіддачі:

1. Кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що видаляється із зони конденсації в сторону приміщення дорівнює:

$$i_в = \frac{p_к - e_в}{R_{ев}}, \tag{13.47}$$

2. Кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації дорівнює:

$$i_з = \frac{p_к - e_з}{R_{ез}}, \tag{13.48}$$

3. Кількість вологи $W_{лп}$, кг/м^2, що випаровується з зони конденсації за розрахунковий період:

$$W_{лп} = \tau(i_в + i_з) \cdot 10^{-6}, \tag{13.49}$$

Розрахункова схема періоду вологовіддачі з двома зонами випаровування наведена на рисунку 13.11.

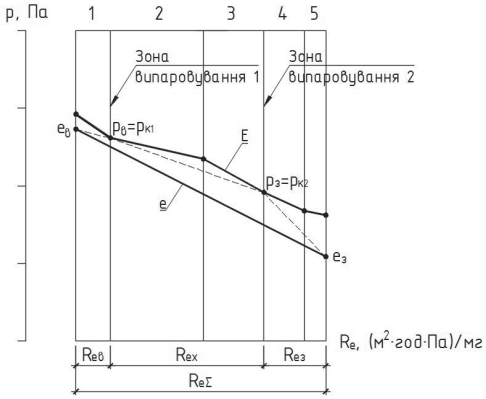


Рис. 13.11 Вологовіддача з огородження з двома зонами випаровування

1. Кількість водяної пари, що видаляється із зони випаровування 1 в сторону приміщення дорівнює нулю, так як $e_в > p_{к1}$.

2. Кількість водяної пари $i_в$, мг/(м²·год), що надходить до зони випаровування 1 з приміщення дорівнює:

$$i_в = \frac{e_в - p_{к1}}{R_{ев}}, \qquad (13.50)$$

3. Кількість водяної пари $i_х$, мг/(м²·год), що виходить із зони випаровування 1 дорівнює:

$$i_х = \frac{p_{к1} - p_{к2}}{R_{ех}}, \qquad (13.51)$$

4. Кількість водяної пари $i_з$, мг/(м²·год), що виходить із зони випаровування 2 дорівнює:

$$i_з = \frac{p_{к2} - e_з}{R_{ех}}, \qquad (13.52)$$

5. Кількість вологи $W_{лп}$, кг/м², що випаровується з конструкції за розрахунковий період:

$$W_{лп} = \tau(i_з - i_в) \cdot 10^{-6}, \qquad (13.53)$$

Розрахункова схема періоду вологовіддачі з двома зонами випаровування між шарами 1 та 2 і шар 4 наведена на рисунку 13.12.

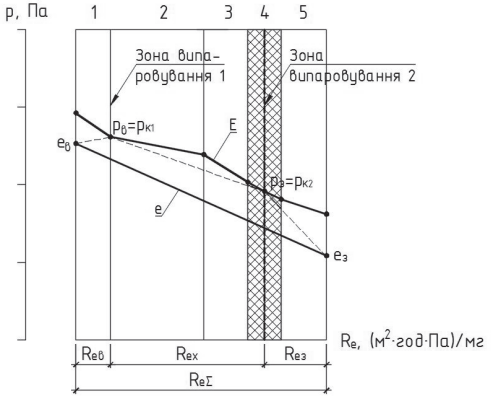


Рис. 13.12 Вологовіддача з огородження з двома зонами випаровування між шарами 1 та 2 і шар 4

1. Кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що надходить до зони випаровування 1 з приміщення, дорівнює:

$$i_в = \frac{p_{к1} - e_в}{R_{ев}}, \qquad (13.54)$$

2. Кількість водяної пари $i_х$, мг/(м^2·год), що виходить із зони випаровування 1, дорівнює:

$$i_х = \frac{p_{к1} - p_{к2}}{R_{ех}}, \qquad (13.55)$$

3. Кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони випаровування 2 дорівнює:

$$i_з = \frac{p_{к2} - e_з}{R_{ез}}, \qquad (13.56)$$

4. Кількість вологи $W_{лп}$, кг/м^2, що випаровується з конструкції за розрахунковий період:

$$W_{лп} = \tau(i_в + i_з) \cdot 10^{-6}, \qquad (13.57)$$

13.7 Визначення опору паропроникненню шару пароізоляції

Опір паропроникненню шару пароізоляції за звичай визначається з умов відсутності конденсації водяної пари в огороджені.

У багатошарових огороджувальних конструкціях де потік пароподібної вологи рухається від внутрішнього повітря до зовнішнього (у зимовий період) найбільш небезпечним перетином з точки зору утворення конденсату є місце, де зовнішня поверхня утеплювача стикується з конструктивним шаром огородження. У будівлях холодильників, де потік пароподібної вологи рухається від зовнішнього повітря до внутрішнього, найбільш небезпечним перетином з точки зору утворення конденсату є місце, де внутрішня поверхня утеплювача стикується з конструктивним шаром огородження.

Щоб в огородженні не відбувалася конденсація водяної пари опір паропроникненню шару пароізоляції повинен бути таким, щоб кількість вологи, що надходить до перетину де можлива конденсація дорівнювала кількості вологи, що виходить з нього. Тобто повинна виконуватися наступна умова:

$$\frac{e_{\text{в}} - e_{\text{к}}}{R_{\text{ев}} + R_{\text{е.пар}}} = \frac{e_{\text{к}} - e_{з}}{R_{\text{ез}}}, \tag{13.58}$$

де $e_{\text{в}}$, $e_{\text{з}}$– парціальні тиски водяної пари e, Па, на внутрішній та зовнішній поверхні огородження відповідно, що розраховують за формулами:

$$e_{\text{в}} = 0{,}01 \cdot \varphi_{\text{в}} \cdot E_{\text{в}}, \tag{13.59}$$

$$e_{\text{з}} = 0{,}01 \cdot \varphi_{\text{з}} \cdot E_{\text{з}}, \tag{13.60}$$

де $\varphi_{\text{в}}$ – відносна вологість внутрішньої температури холодильної камери, що залежить від її призначення;

$\varphi_{\text{з}}$ – відносна вологість зовнішнього повітря найспекотнішого місяця року міста, де розташована будівля холодильника, визначається додатком Ж або табл.. 24, [33];

$E_{\text{в}}$ – максимальна пружність водяного пару внутрішнього повітря визначається по значенням цієї температури;

$E_{\text{з}}$ – максимальна пружність водяної пари зовнішнього повітря визначається по значенням цієї температури;

$R_{\text{ев}}$ – опір паропроникненню шарів огороджувальної конструкції, що розташовані між внутрішньою поверхнею та перерізом де можлива конденсація, $(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па})/\text{мг}$, визначається за наступною формулою:

$$R_{\text{ев}} = \sum \frac{\delta_j}{\mu_j}, \tag{13.61}$$

де δ_j – товщина шарів огороджувальної конструкції, м, (без шару пароізоляції) розташованих між внутрішньою поверхнею огородження та перерізом, де можлива конденсація;

μ_j – коефіцієнт паропроникності матеріалу шарів огороджувальної конструкції, мг/(м · год · Па), (без шару пароізоляції) розташованих між внутрішньою поверхнею огородження та перерізом, де можлива конденсація визначають відповідно до додатку А або таблиціА.1 [18];

$R_{\text{е.пар}}$ – опір паро проникненню шару пароізоляції, $(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па})/\text{мг}$,

$R_{\text{ез}}$ – опір паропроникненню шарів огороджувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па})/\text{мг}$, що розташовані між зовнішньою поверхнею та перерізом, де можлива конденсація, визначається за формулою:

$$R_{\text{ез}} = \sum \frac{\delta_i}{\mu_i}, \tag{13.62}$$

де δ_i – товщина шарів огороджувальної конструкції, м, розташованих між зовнішньою поверхнею огородження та перерізом, де можлива конденсація;

μ_i – коефіцієнт паропроникності матеріалу шарів огороджувальної конструкції, мг/(м · год · Па), розташованих між зовнішньою поверхнею огородження та перерізом, де можлива конденсація визначають відповідно до додатку А або таблиці А.1 [18];

$e_{\text{к}}$ – парціальний тиск водяної пари, Па, у зоні можливої конденсації.

Накопичення вологи у перетині відбуватися не буде якщо $e_{\text{к}}$ не буде перевищувати пружність насиченої водяної пари $E_{\text{к}}$ у зоні можливої конденсації.

$E_{\text{к}}$ визначається за значенням температури у перерізі де можлива конденсація.

Температури у перерізі де можлива конденсація $t_{\text{к}}$ визначається за формулою:

$$t_{\text{к}} = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{R_{\Sigma}} \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta_j}{\mu_j} \right), \tag{13.63}$$

де R_{Σ} – опір теплопередачі огороджувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, визначаємо за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\propto_{в}} + \frac{1}{\propto_{з}} + \sum \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \qquad (13.64)$$

де $\propto_{в}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), приймаємо за таблицею 4.1 або дод. Б [18];

$$\propto_{в} = 8{,}7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$\propto_{з}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), приймаємо за таблицею 4.1 або дод. Б [18].

$$\propto_{з} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Опір теплопередачі шару пароізоляції можна не враховувати так як він складає незначну величину.

Замінюючи значення $e_{к}$ на $E_{к}$ отримуємо:

$$\frac{e_{в} - E_{к}}{R_{ев} + R_{е.пар}} = \frac{E_{к} - e_{з}}{R_{ез}}, \qquad (13.65)$$

Звідки опір паропроникненню шару пароізоляції буде визначатися за формулою:

$$R_{е.пар} = \frac{R_{ез}(e_{в} - E_{к})}{E_{к} - e_{з}} - R_{ев}, \qquad (13.66)$$

13.8 Визначення опору паропроникненню шару пароізоляції в огороджувальній конструкції графоаналітичним методом

Визначення опору паропроникненню шару пароізоляції в зовнішніх огороджувальних конструкція виконується у наступній послідовності:

1. Визначають опір паропроникненню шарів огороджувальної конструкції за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\mu_i},$$

де δ_i – товщина шарів огороджувальної конструкції, м;

μ_i – коефіцієнт паропроникності матеріалу шарів огороджувальної конструкції, $мг/(м \cdot год \cdot Па)$, визначають відповідно додатку А або табл. А.1 [18];

2. Відкладають по горизонталі у масштабі визначені величини опорів паропроникненню шарів огороджувальної конструкції.

3. Визначають парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря, Па, за формулою:

$$e_в = 0{,}01\varphi_в \times E_в,$$

де $\varphi_в$ – розрахункове значення відносної вологості внутрішнього повітря, %, приймають залежно від призначення будинку згідно з таблицею 5.7 або додатком Г [6];

$E_в$ – парціальний тиск насиченої водяної пари внутрішнього повітря, Па, залежить від температури $t_в$, приймають за табл. 13.2.

4. Визначають парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, Па, за формулою:

$$e_з = 0{,}01\varphi_з \times E_з\,,$$

де $\varphi_з$ – розрахункове значення відносної вологості зовнішнього повітря, %, приймають згідно з додатком Ж або табл. 24 [33];

$E_з$ – парціальний тиск насиченої водяної пари зовнішнього повітря, Па, залежить від температури $t_{зн}$, приймають за табл. 13.2.

5. Визначають температуру у місці можливої конденсації за формулою:

$$t_к = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + \sum\frac{\delta_j}{\mu_j}\right),$$

де $t_в$ – температура внутрішнього повітря, °С, приймають за таблицею 5.7 або табл. Г.2 [6];

$t_з$ – температура зовнішнього повітря, °С, приймають за табл. 2 [42].

R_Σ – опір теплопередачі огороджувальної конструкції, $м^2 \cdot К/Вт$, визначають за формулою:

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{1}{\alpha_з} + \sum\frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

де $\alpha_в$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, $Вт/(м^2 \cdot К)$, приймаємо за таблицею 4.1 або дод. Б [18];

$$\propto_{в} = 8{,}7\ Вт/(м^2 \cdot К)$$

$\propto_{з}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, , $Вт/(м^2 \cdot К)$, приймаємо за таблицею 4.1 або дод. Б [18].

$$\propto_{з} = 23\ Вт/(м^2 \cdot К)$$

де δ_j – товщина шарів огороджувальної конструкції, м, розташованих між внутрішньою поверхнею огородження та перерізом де можлива конденсація;

λ_i – розрахункові коефіцієнти теплопровідності матеріалів шарів огороджувальної конструкції, $Вт/(м \cdot К)$, приймають за дод. Л [6].

6. Використовуючи значення температури у місці можливої конденсації визначають пружність насиченої водяної пари.

7. Відкладають на внутрішній та зовнішній поверхні огородження отримані значення $e_в$ та $e_з$ з'єднуючи їх прямою лінією.

8. Відкладають на перетині можливої конденсації значення $E_к$.

9. З точки $e_в$ ліворуч проводять горизонтальну лінію. З точки $e_з$ через точку $E_к$ проводять пряму лінію до перетину з горизонтальною лінії проведеною з точки $e_в$.

Горизонтальний відрізок від внутрішньої поверхні огородження до точки перетину проведених ліній є опором паропроникненню шару пароізоляції.

13.9 Приклади розрахунків.

13.9.1 Оцінка вологісного режиму огороджувальної конструкції №1

Вихідні данні:

4. Місто будівництва – Полтава;

5. Об'єкт – школа;

6. Огороджувальна конструкція – зовнішня стіна.

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря – $t_в = 21℃$

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря – $\varphi_в = 50\%$

За таблицею 5.6 визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За таблицею 5.9 визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальній конструкції – Б;

Конструкція стіни наведена на рис. 13.13.

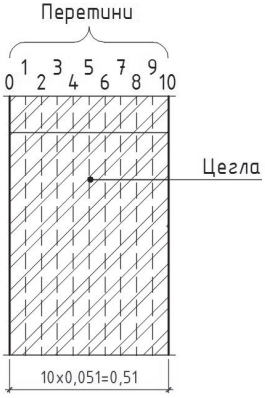


Рис. 13.13 Конструкція стіни

Теплопровідність та коефіцієнт паропроникності шару огороджувальної конструкції приймаємо за табл. А.1 [18].

Товщина, теплопровідність та коефіцієнт паропроникності шару огороджувальної конструкції наведена у табл. 13.3.

Таблиця 13.3

Характеристика шарів огороджувальної конструкції

№	Найменування	Товщина шарів, м,	Теплопровідність, Вт/(м · К)	Коефіцієнт паропроникності, мг/(м · год · Па)
1	Цегла	0,51	0,81	0,11

Огороджувальну конструкцію розділяємо вертикальними перетинами на 10 шарів (рис. 13.3).

Визначаємо опір паропроникненню кожного шару огороджувальної конструкції між перетинами, м^2 · год · Па, за формулою:

$$R_{e1} = \frac{\delta_1}{\mu_1} = \frac{0{,}051}{0{,}11} = 0{,}464 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

де δ_1 – товщина, м, шару огороджувальної конструкції між перетинами визначаємо за формулою

$$\delta_1 = \frac{\delta}{n} = \frac{0{,}51}{10} = 0{,}51\text{м}$$

де δ - товщина, м, шару огороджувальної конструкції

$$\delta = 0{,}51 \text{ м}$$

n – кількість перетинів на які розбита огороджувальна конструкція

$$n = 10$$

Визначаємо опір паропроникненню огороджувальної конструкції в цілому, $м^2 \cdot год \cdot Па$, за формулою:

$$R_{e\Sigma} = \frac{\delta}{\mu_1} = \frac{0{,}51}{0{,}11} = 4{,}636 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо температуру у перетинах огороджувальної конструкції за формулами

0-й перетин

$$t_0 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в}\right) = 21 - \frac{21 - (-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7}\right) = 17{,}1 \text{ °C}$$

де $t_з$ - розрахункова температура зовнішнього повітря в січні, °С, приймаємо за табл. В1.

$$t_з = -5{,}6 \text{ °C}$$

R_Σ - опір теплопередачі огороджувальної конструкції, $(м^2 \cdot К)/Вт$ визначаємо за формулою

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{1}{23} = 0{,}788 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$$

де $\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої (з боку теплого приміщення) і зовнішньої (з боку неопалювального підвалу) поверхонь стіни, $Вт/(м^2 \cdot К)$, які приймаємо згідно з табл. 5.8;

$\alpha_в = 8{,}7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $\alpha_з = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$

1-й перетин

$$t_1 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21 - (-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}051}{0{,}81}\right) = 15 \text{ °C}$$

2-й перетин

$$t_2 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21 - (-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7} + 2\frac{0{,}051}{0{,}81}\right) = 12{,}9 \text{ °C}$$

3-й перетин

$$t_3 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21-(-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7} + 3\frac{0{,}051}{0{,}81}\right) = 10{,}4\ ℃$$

4-й перетин

$$t_4 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21-(-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7} + 4\frac{0{,}051}{0{,}81}\right) = 8{,}6\ ℃$$

5-й перетин

$$t_5 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21-(-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7} + 5\frac{0{,}051}{0{,}81}\right) = 6{,}5\ ℃$$

6-й перетин

$$t_6 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21-(-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7} + 6\frac{0{,}051}{0{,}81}\right) = 4{,}4\ ℃$$

7-й перетин

$$t_7 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21-(-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7} + 7\frac{0{,}051}{0{,}81}\right) = 2{,}2\ ℃$$

8-й перетин

$$t_8 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21-(-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7} + 8\frac{0{,}051}{0{,}81}\right) = 0{,}1\ ℃$$

9-й перетин

$$t_9 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21-(-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7} + 9\frac{0{,}051}{0{,}81}\right) = -2\ ℃$$

10-й перетин

$$t_{10} = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21-(-5{,}6)}{0{,}788}\left(\frac{1}{8{,}7} + 10\frac{0{,}051}{0{,}81}\right) = -4{,}1\ ℃$$

Використовуючи отримані температури визначаємо парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах огороджувальної конструкції за табл. Б.1 [37].

0-й перетин

$$E_0 = 1954 \text{ Па}$$

1-й перетин

$$E_1 = 1706 \text{ Па}$$

2-й перетин

$$E_2 = 1486 \text{ Па}$$

3-й перетин

$$E_3 = 1292 \text{ Па}$$

4-й перетин

$$E_4 = 1120 \text{ Па}$$

5-й перетин

$$E_5 = 969 \text{ Па}$$

6-й перетин

$$E_6 = 836 \text{ Па}$$

7-й перетин

$$E_7 = 719 \text{ Па}$$

8-й перетин

$$E_8 = 617 \text{ Па}$$

9-й перетин

$$E_9 = 518 \text{ Па}$$

10-й перетин

$$E_{10} = 433 \text{ Па}$$

Визначаємо парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря за формулою

$$e_{\text{в}} = E_{\text{в}} \times \varphi_{\text{в}} \times 0{,}01 = 2489 \times 50 \times 0{,}01 = 1244 \text{ Па}$$

де $E_{\text{в}}$ – парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, визначаємо за табл. Б.1 [37], використовуючи значення температури внутрішнього повітря $t_{\text{в}} = 21°\text{C}$.

$$E_{\text{в}} = 2489 \text{ Па}$$

Визначаємо парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря в січні за формулою

$$e_{\text{з}} = E_{\text{з}} \times \varphi_{\text{з}} \times 0{,}01 = 382 \times 85 \times 0{,}01 = 325 \text{ Па}$$

де $E_{\text{з}}$ – парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, визначаємо за табл. Б.1 [37], використовуючи значення температури зовнішнього повітря в січні яку приймаємо за табл. В1, $t_{\text{з}} = -5{,}6°\text{C}$.

$$E_{\text{в}} = 2489 \text{ Па}$$

Використовуючи отримані значення E_i, $e_в$ та $e_з$ будуємо на умовному перерізі огороджувальної конструкції відповідні графіки. По горизонталі замість товщини шару огородження відкладаємо (у масштабі) його опір паропроникненню (рис. 13.14).

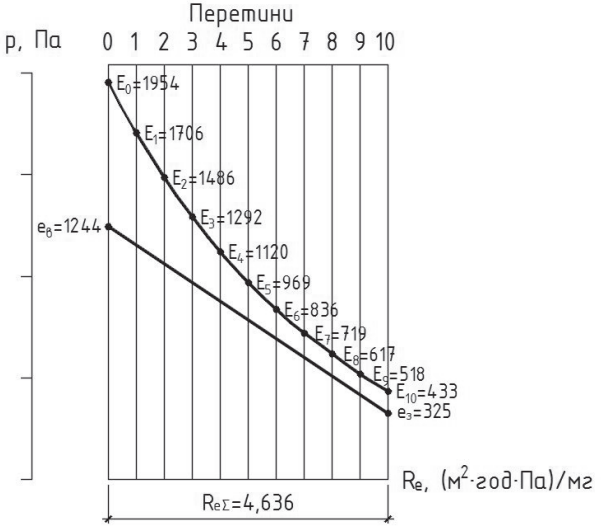


Рис. 13.14 Умовний переріз огороджувальної конструкції

Так як лінії E і e не перетинаються – то конденсація водяної пари в товщі огороджувальної конструкції відсутня, і умови (13.6) та (13.7) виконуються.

13.9.2 Оцінка вологісного режиму огороджувальної конструкції №2

Вихідні данні:

1. Місто будівництва – Полтава;
2. Об'єкт – школа;
3. Огороджувальна конструкція – суміщене покриття.

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря – $t_в = 21℃$

За таблицею 5.7 визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря – $\varphi_в = 50\%$

За таблицею 5.6 визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За таблицею 5.9 визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальній конструкції – Б;

Конструкція стіни наведена на рис. 13.15.

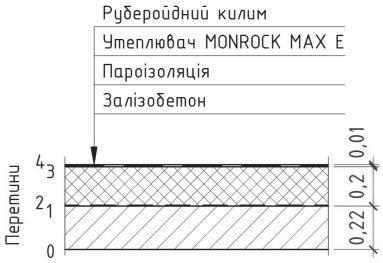


Рис. 13.15 Конструкція стіни

Теплопровідність та коефіцієнт паропроникності шару огороджувальної конструкції приймаємо за табл. А.1 [18].

Товщина, теплопровідність та коефіцієнт паропроникності шару огороджувальної конструкції наведена у табл. 13.4.

Таблиця 13.4

Характеристика шарів огороджувальної конструкції

№	Найменування	Товщина шарів, м,	Теплопровідність, Вт/(м · К)	Коефіцієнт паропроникності, мг/(м · год · Па)
1	Залізобетон	0,22	2,04	0,03
2	Пароізоляція	0,001	0,17	0,001
3	Утеплювач MONROCK MAX E	0,2	0,038	0,3
4	Руберойд	0,01	0,17	0,001

Визначаємо опір паропроникненню шарів огороджувальної конструкції, $м^2 \cdot год \cdot Па$, за формулами:

$$R_{e1} = \frac{\delta_1}{\mu_1} = \frac{0,22}{0,03} = 7,333 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e2} = \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{0,001}{0,001} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e3} = \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,2}{0,3} = 0,667 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e4} = \frac{\delta_4}{\mu_4} = \frac{0{,}01}{0{,}001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

де δ_1, δ_2, δ_3, δ_4 – товщина відповідно шарів залізобетону, пароізоляції, утеплювача, руберойду, м,

Визначаємо опір паропроникненню огороджувальної конструкції в цілому, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$, за формулою:

$$R_{e\Sigma} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + \frac{\delta_4}{\mu_4} = \frac{0{,}22}{0{,}03} + \frac{0{,}001}{0{,}001} + \frac{0{,}2}{0{,}3} + \frac{0{,}01}{0{,}001} = 19 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо температуру у перетинах огороджувальної конструкції за формулами

0-й перетин

$$t_0 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в}\right) = 21 - \frac{21 - (-5{,}6)}{5{,}594}\left(\frac{1}{8{,}7}\right) = 20{,}5 \text{ °C}$$

де $t_з$ - розрахункова температура зовнішнього повітря в січні, °С, приймаємо за табл. В1.

$$t_з = -5{,}6 \text{ °C}$$

R_Σ - опір теплопередачі огороджувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ визначаємо за формулою

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_з} =$$
$$\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}22}{2{,}04} + \frac{0{,}001}{0{,}17} + \frac{0{,}2}{0{,}038} + \frac{0{,}01}{0{,}17} + \frac{1}{23} = 5{,}594 \ (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$$

де $\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої (з боку теплого приміщення) і зовнішньої (з боку неопалювального підвалу) поверхонь стіни, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, які приймаємо згідно з табл. 5.8;

$\alpha_в = 8{,}7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_з = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

1-й перетин

$$t_1 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21 - (-5{,}6)}{5{,}594}\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}22}{2{,}04}\right) = 19{,}9 \text{ °C}$$

2-й перетин

$$t_2 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) = 21 - \frac{21 - (-5{,}6)}{5{,}594}\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}22}{2{,}04} + \frac{0{,}001}{0{,}17}\right)$$
$$= 19{,}9 \text{ °C}$$

3-й перетин

$$t_3 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) =$$
$$= 21 - \frac{21-(-5{,}6)}{5{,}594}\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}22}{2{,}04} + \frac{0{,}001}{0{,}17} + \frac{0{,}2}{0{,}038}\right) = -5{,}1\ ℃$$

4-й перетин

$$t_4 = t_в - \frac{t_в - t_з}{R_\Sigma}\left(\frac{1}{\alpha_в} + 2\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) =$$
$$= 21 - \frac{21-(-5{,}6)}{5{,}594}\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}22}{2{,}04} + \frac{0{,}001}{0{,}17} + \frac{0{,}2}{0{,}038} + \frac{0{,}01}{0{,}17}\right) = -5{,}4\ ℃$$

Використовуючи отримані температури визначаємо парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах огороджувальної конструкції за табл. Б.1 [37].

0-й перетин

$$E_0 = 2407\ \text{Па}$$

1-й перетин

$$E_1 = 2332\ \text{Па}$$

2-й перетин

$$E_2 = 2328\ \text{Па}$$

3-й перетин

$$E_3 = 398\ \text{Па}$$

4-й перетин

$$E_4 = 389\ \text{Па}$$

Визначаємо парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря за формулою

$$e_в = E_в \times \varphi_в \times 0{,}01 = 2489 \times 50 \times 0{,}01 = 1244\ \text{Па}$$

де $E_в$ – парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, визначаємо за табл. Б.1 [37], використовуючи значення температури внутрішнього повітря $t_в = 21℃$.

$$E_в = 2489\ \text{Па}$$

Визначаємо парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря в січні за формулою

$$e_з = E_з \times \varphi_з \times 0{,}01 = 382 \times 85 \times 0{,}01 = 325\ \text{Па}$$

де $E_з$ – парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, визначаємо за табл. Б.1 [37], використовуючи значення температури зовнішнього повітря в січні яку приймаємо за табл. В1, $t_з = -5{,}6$°С .

$$E_в = 2489 \text{ Па}$$

Використовуючи отримані значення E_i, $e_в$ та $e_з$ будуємо на умовному перерізі огороджувальної конструкції відповідні графіки. По горизонталі замість товщини шару огородження відкладаємо (у масштабі) його опір паропроникненню (рис. 13.16).

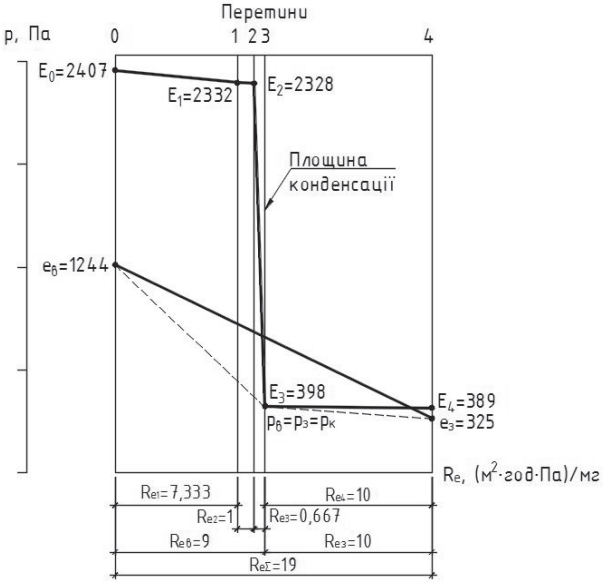


Рис. 13.16 Умовний переріз огороджувальної конструкції

Так як лінії E і e перетинаються то в огородженні відбувається конденсація водяної пари.

Визначаємо кількість водяної пари $i_{в1}$, мг/(м^2·год), що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення за формулою

$$i_{в1} = \frac{e_в - p_к}{R_{ев}} = \frac{1244 - 398}{9} = 94{,}03 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

де $R_{ев}$ – опір паропроникненню, частини огороджувальної конструкції розташованої між внутрішньою поверхнею та площиною конденсації визначаємо за формулою

$$R_{\text{ев}} = R_{\text{е1}} + R_{\text{е2}} + R_{\text{е3}} = 7{,}333 + 1 + 0{,}667 = 9 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо кількість водяної пари, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації за формулою

$$i_{з1} = \frac{p_к - e_з}{R_{ез}} = \frac{398 - 325}{10} = 7{,}34 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

де $R_{\text{ез}}$ – опір паропроникненню, частини огороджувальної конструкції розташованої між площиною конденсації та зовнішньою поверхнею визначаємо за формулою

$$R_{\text{ез}} = R_{\text{е4}} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо кількість вологи, кг/м^2, що конденсується в конструкції за січень:

$$W_{\text{зп1}} = \tau(i_в - i_з) \cdot 10^{-6} = 744 \times (94{,}03 - 7{,}34) \times 10^{-6} = 0{,}0645 \text{ кг/м}^2$$

де τ – кількість годин в січні визначаємо за формулою

$$\tau = 24 \times n = 24 \times 31 = 744 \text{ год.}$$

де 24 – кількість годин у добі;
n – кількість діб у січні

$$n = 31 \text{ доб.}$$

Виконуємо аналогічні розрахунки для місяців вологонакопичення та вологовіддачі.

Результати розрахунку температури у перетинах огороджувальної конструкції наведені у табл. 13.5.

Таблиця 13.5

Температура у перетинах огороджувальної конструкції

№	Місяць року	Температура, °С, у перетинах				
		0	1	2	3	4
11	Листопад	20,6	20,2	20,2	1,7	1,5
12	Грудень	20,5	20	20	-3	-3,2
1	Січень	20,5	19,9	19,9	-5,1	-5,4
2	Лютий	20,5	20	19,9	-4,2	-4,5
3	Березень	20,6	20,2	20,2	0,7	0,5
4	Квітень	20,8	20,5	20,5	9,2	9,1
5	Травень	20,8	20,8	20,8	15,5	15,4
6	Червень	21	20,9	20,9	18,7	18,7
7	Липень	21	21	21	20,5	20,5

Результати розрахунку парціального тиску насиченої водяної пари у перетинах огороджувальної конструкції наведені у табл. 13.6.

Таблиця 13.6

Парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах огороджувальної конструкцій

№	Місяць року	Парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, у перетинах				
		0	1	2	3	4
11	Листопад	2429	2372	2369	690	680
12	Грудень	2414	2344	2340	478	468
1	Січень	2407	2332	2328	398	389
2	Лютий	2410	2337	2332	429	420
3	Березень	2425	2366	2363	643	633
4	Квітень	2452	2418	2416	1166	1156
5	Травень	2472	2456	2455	1763	1756
6	Червень	2482	2475	2475	2164	2161
7	Липень	2487	2486	2486	2416	2415

Результати розрахунку парціального тиску водяної пари зовнішнього повітря наведені у табл. 13.7.

Таблиця 13.7

Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря

№	Місяць року	Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, Па, у перетинах
11	Листопад	578
12	Грудень	401
1	Січень	325
2	Лютий	338
3	Березень	488
4	Квітень	758
5	Травень	1068
6	Червень	1403
7	Липень	1593

Умовний переріз огороджувальної конструкції в місяці вологонакопичення та вологовіддачі наведені на рис. 13.17

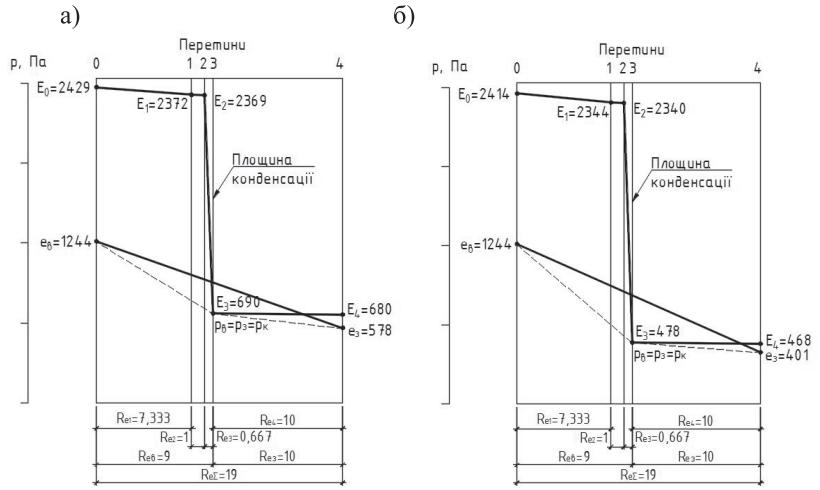


Рис. 13.17.а Умовний переріз огороджувальної конструкції: а) листопад; б) грудень; в) січень; г) лютий; д) березень; е) квітень; ж) травень; з) червень; к) липень

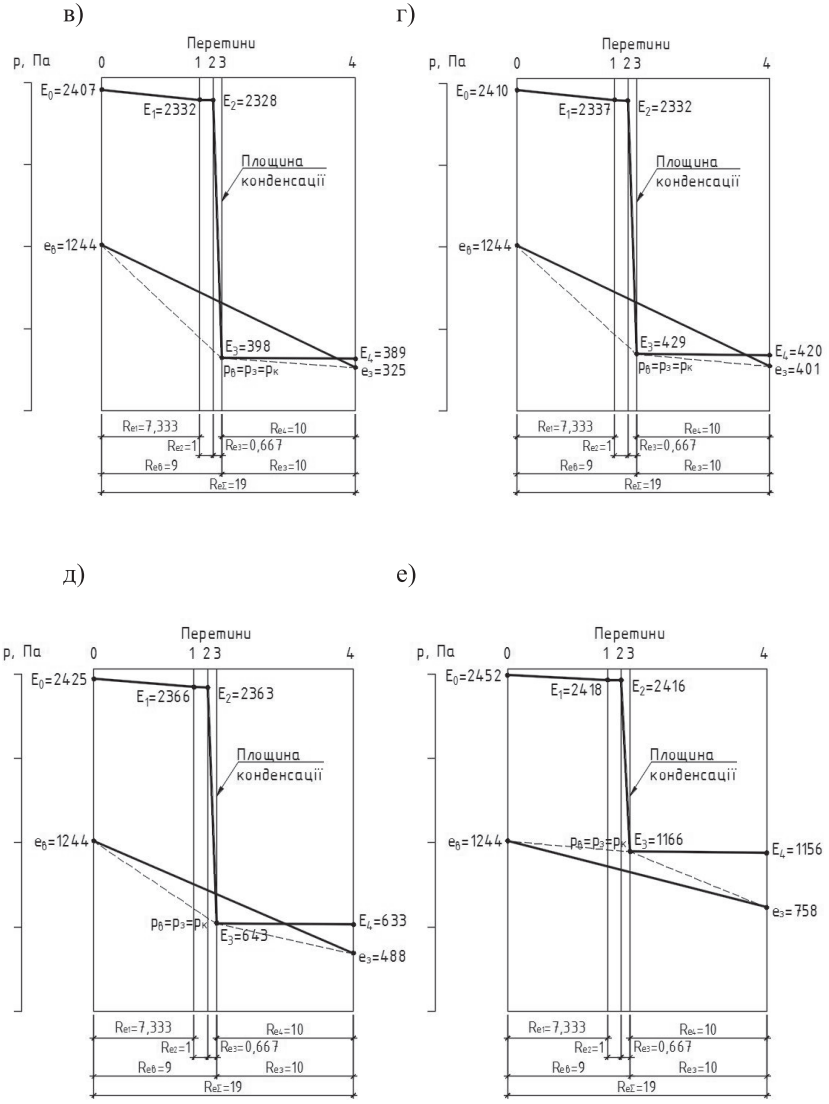


Рис. 13.17.б Умовний переріз огороджувальної конструкції: а) листопад; б) грудень; в) січень; г) лютий; д) березень; е) квітень; ж) травень; з) червень; к) липень

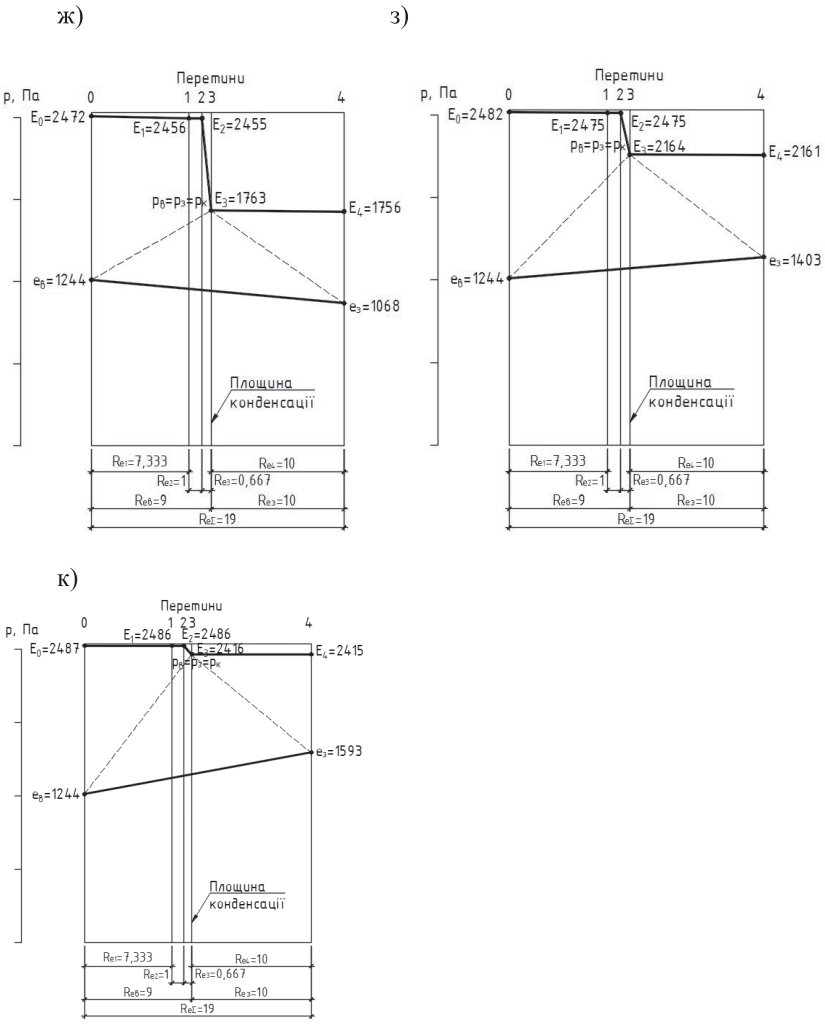


Рис. 13.17.в Умовний переріз огороджувальної конструкції: а) листопад; б) грудень; в) січень; г) лютий; д) березень; е) квітень; ж) травень; з) червень; к) липень

Результати розрахунку кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації наведені у табл. 13.8.

Таблиця 13.8

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м^2·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м^2, $W_{зп}$	Кількість вологи, що випаровується, кг/м^2, $W_{лп}$
		$i_{вi}$	$i_{зi}$		
11	Листопад	61,63	11,17	0,0375	
12	Грудень	85,13	7,73	0,0576	
1	Січень	94,03	7,34	0,0645	
2	Лютий	90,55	9,11	0,0606	
3	Березень	66,86	15,49	0,0382	
4	Квітень	8,68	40,81		0,0239
5	Травень	-57,63	69,47		0,0946
6	Червень	-102,22	76,12		0,1327
7	Липень	-130,15	82,23		0,158
				$W_{зп} = 0{,}2584$	$W_{лп} = 0{,}4092$

Так як $W_{зп} = 0{,}2584$ кг/м^2 $\leq W_{лп} = 0{,}4092$ кг/м^2 то вимога (13.7) виконується.

Визначаємо приросту вологи Δw, %, у шарі матеріалу, у якому відбувається конденсація вологи (у разі розташування зони конденсації на межі шарів приріст розраховується для шару, прилеглого до зони конденсації з боку внутрішньої поверхні - утеплювач), за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_к \cdot \rho_к}\ 100\% = \frac{0{,}2584}{0{,}2 \times 150} 100 = 0{,}86\ \%$$

де $\delta_к$ – товщина шару матеріалу, у якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, м;

$\rho_к$ – густина шару матеріалу, в якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, кг/м^3.

Так як $\Delta w = 0{,}86\ \% \leq \Delta w_д = 2\ \%$ то вимога (13.6) виконується.

13.9.3 Розрахунок вологонакопичення в огороджувальній конструкції №1

Виконати розрахунок вологонакопичення в огороджувальній конструкції протягом січня. Умовний переріз огороджувальної конструкції наведено на рис. 13.18.

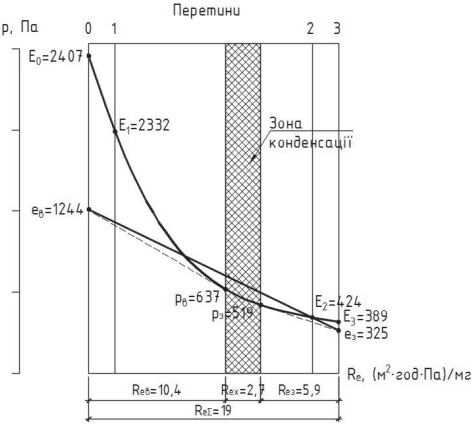


Рис. 13.18 Умовний переріз огороджувальної конструкції

Визначаємо кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення за формулою:

$$i_{\text{в}} = \frac{e_{\text{в}} - p_{\text{в}}}{R_{\text{ев}}} = \frac{1244 - 637}{10{,}4} = 58{,}37 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації за формулою:

$$i_{\text{з}} = \frac{p_{\text{з}} - e_{\text{з}}}{R_{\text{ез}}} = \frac{519 - 325}{5{,}9} = 32{,}88 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість вологи $W_{зп1}$, кг/м^2, що конденсується в конструкції за січень за формулою:

$$W_{\text{зп}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{з}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (58{,}37 - 32{,}88) \times 10^{-6} = 0{,}019 \text{ кг/м}^2$$

де τ – кількість годин в січні визначаємо за формулою

$$\tau = 24 \times n = 24 \times 31 = 744 \text{ год.}$$

де 24 – кількість годин у добі;
n – кількість діб у січні

$$n = 31 \text{ доб.}$$

13.9.4 Розрахунок вологовіддачі в огороджувальній конструкції №2

Виконати розрахунок вологовіддачі в огороджувальній конструкції протягом квітня. Умовний переріз огороджувальної конструкції наведено на рис. 13.19.

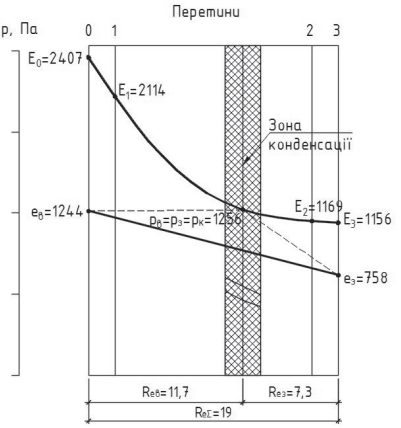


Рис. 13.19 Умовний переріз огороджувальної конструкції

Визначаємо кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що видаляється із зони конденсації в сторону приміщення за формулою:

$$i_{\text{в}} = \frac{p_{\text{к}} - e_{\text{в}}}{R_{\text{ев}}} = \frac{1256 - 1244}{11{,}7} = 1{,}03 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації за формулою:

$$i_{\text{з}} = \frac{p_{\text{к}} - e_{\text{з}}}{R_{\text{ез}}} = \frac{1256 - 758}{7{,}3} = 68{,}22 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість вологи $W_{\text{лп}}$, кг/м^2, що виводиться з зони конденсації за квітень за формулою:

$$W_{\text{лп}} = \tau(i_{\text{в}} + i_{\text{з}}) \cdot 10^{-6} = 720 \times (1{,}03 + 68{,}22) \times 10^{-6} = 0{,}0499 \text{ кг/м}^2$$

де τ – кількість годин в січні визначаємо за формулою

$$\tau = 24 \times n = 24 \times 30 = 720 \text{ год.}$$

де 24 – кількість годин у добі;
n – кількість діб у квітні

$$n = 30 \text{ діб.}$$

13.9.5 Розрахунок вологонакопичення в огороджувальній конструкції №3

Виконати розрахунок вологонакопичення в огороджувальній конструкції протягом січня. Умовний переріз огороджувальної конструкції наведено на рис. 13.20.

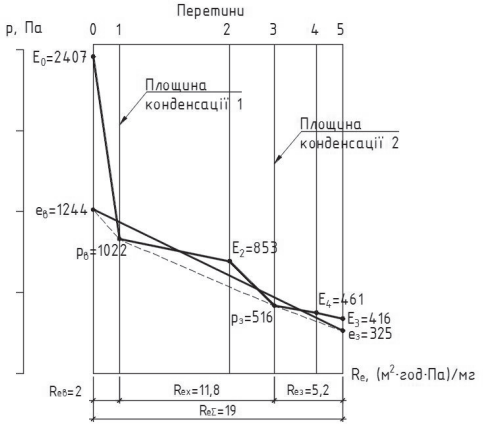


Рис. 13.20 Умовний переріз огороджувальної конструкції

Визначаємо кількість водяної пари $i_{\text{в}}$, мг/(м^2·год), що надходить до зони конденсації 1 зі сторони приміщення за формулою:

$$i_{\text{в}} = \frac{e_{\text{в}} - p_{\text{в}}}{R_{\text{ев}}} = \frac{1244 - 1022}{2} = 111 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість водяної пари $i_{\text{з}}$, мг/(м^2·год), що виводиться із зони конденсації 1 і одночасно надходить до зони конденсації 2 за формулою:

$$i_{\text{х}} = \frac{p_{\text{в}} - p_{\text{з}}}{R_{\text{ех}}} = \frac{1022 - 516}{11{,}8} = 42{,}88 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість водяної пари $i_{\text{з}}$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації 2 за формулою:

$$i_{\text{з}} = \frac{p_{\text{з}} - e_{\text{з}}}{R_{\text{ез}}} = \frac{516 - 325}{5{,}2} = 36{,}73 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість вологи $W_{\text{зп1}}$, кг/м^2, що конденсується в конструкції за січень у зоні конденсації 1 за формулою:

$$W_{\text{зп1}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{х}}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (111 - 42{,}88) \times 10^{-6} = 0{,}0507 \text{ кг/м}^2$$

де τ – кількість годин в січні визначаємо за формулою

$$\tau = 24 \times n = 24 \times 31 = 744 \text{ год.}$$

де 24 – кількість годин у добі;
n – кількість діб у січні

$$n = 31 \text{ доб.}$$

Визначаємо кількість вологи $W_{\text{зп2}}$, кг/м^2, що конденсується в конструкції за січень у зоні конденсації 2 за формулою:

$$W_{\text{зп2}} = \tau(i_{x} - i_{з}) \cdot 10^{-6} = 744 \times (42{,}88 - 36{,}73) \times 10^{-6} = 0{,}0046 \text{ кг/м}^2$$

Визначаємо загальну кількість вологи $W_{\text{зп}}$, кг/м^2, що конденсується в конструкції у січні за формулою

$$W_{\text{зп}} = \tau(i_{\text{в}} - i_{\text{з}}) \cdot 10^{-6} = W_{\text{зп1}} + W_{\text{зп2}} = 0{,}0507 + 0{,}0046 = 0{,}0553 \text{ кг/м}^2$$

13.9.6 Розрахунок вологовіддачі в огороджувальній конструкції №4

Виконати розрахунок вологовіддачі в огороджувальній конструкції протягом квітня. Умовний переріз огороджувальної конструкції наведено на рис. 13.21.

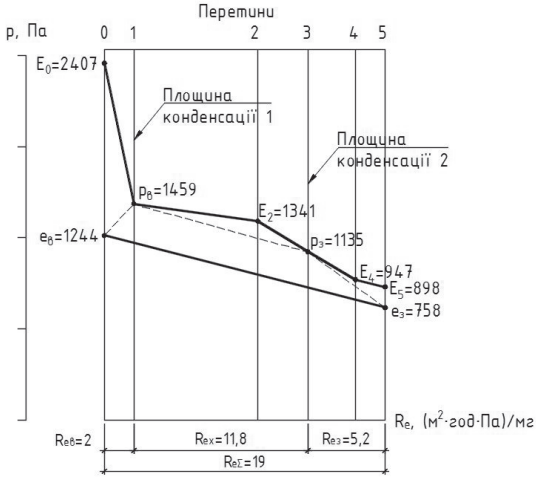


Рис. 13.21 Умовний переріз огороджувальної конструкції

Визначаємо кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що виходить з зони конденсації 1 у приміщення за формулою:

$$i_в = \frac{p_в - e_в}{R_{ев}} = \frac{1459 - 1244}{2} = 107{,}5 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться із зони конденсації 1 і одночасно надходить до зони конденсації 2 за формулою:

$$i_х = \frac{p_в - p_з}{R_{ех}} = \frac{1459 - 1135}{11{,}8} = 27{,}46 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації 2 за формулою:

$$i_з = \frac{p_з - e_з}{R_{ез}} = \frac{1135 - 758}{5{,}2} = 72{,}5 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість вологи $W_{зп1}$, кг/м^2, що видаляється за січень із зони конденсації 1 за формулою:

$$W_{зп1} = \tau(i_в + i_х) \cdot 10^{-6} = 720 \times (107{,}5 + 27{,}46) \times 10^{-6} = 0{,}0972 \text{ кг/м}^2$$

де τ – кількість годин в січні визначаємо за формулою

$$\tau = 24 \times n = 24 \times 30 = 720 \text{ год.}$$

де 24 – кількість годин у добі;

n – кількість діб у травні

$$n = 30 \text{ доб.}$$

Визначаємо кількість вологи $W_{зп2}$, кг/м^2, що видаляється за травень із зоні конденсації 2 за формулою:

$$W_{лп2} = \tau(i_з - i_х) \cdot 10^{-6} = 720 \times (72{,}5 - 27{,}46) \times 10^{-6} = 0{,}0324 \text{ кг/м}^2$$

Визначаємо загальну кількість вологи $W_{зп}$, кг/м^2, що видаляється із огороджувальної конструкції у травні за формулою

$$W_{лп} = \tau(i_в - i_з) \cdot 10^{-6} = W_{зп1} + W_{зп2} = 0{,}0972 + 0{,}0324 = 0{,}1296 \text{ кг/м}^2$$

13.9.7 Розрахунок вологовіддачі в огороджувальній конструкції №5

Виконати розрахунок вологовіддачі в огороджувальній конструкції протягом квітня. Умовний переріз огороджувальної конструкції наведено на рис. 13.22.

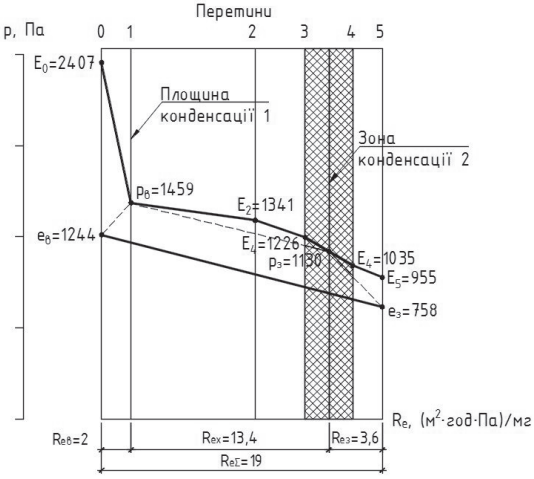


Рис. 13.22 Умовний переріз огороджувальної конструкції

Визначаємо кількість водяної пари $i_в$, мг/(м^2·год), що виходить з зони конденсації 1 у приміщення за формулою:

$$i_{\text{в}} = \frac{p_{в} - e_{\text{в}}}{R_{\text{ев}}} = \frac{1459 - 1244}{2} = 107{,}5 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться із зони конденсації 1 і одночасно надходить до зони конденсації 2 за формулою:

$$i_{\text{х}} = \frac{p_{\text{в}} - p_{\text{з}}}{R_{\text{ех}}} = \frac{1459 - 1130}{13{,}4} = 24{,}55 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість водяної пари $i_з$, мг/(м^2·год), що виводиться назовні із зони конденсації 2 за формулою:

$$i_{\text{з}} = \frac{p_{\text{з}} - e_{\text{з}}}{R_{\text{ез}}} = \frac{1130 - 758}{3{,}6} = 103{,}33 \text{ мг/(м}^2\text{·год)}$$

Визначаємо кількість вологи $W_{зп1}$, кг/м^2, що видаляється за січень із зони конденсації 1 за формулою:

$$W_{\text{лп1}} = \tau(i_{\text{в}} + i_{\text{х}}) \cdot 10^{-6} = 720 \times (107{,}5 + 24{,}55) \times 10^{-6} = 0{,}0951 \text{ кг/м}^2$$

де τ – кількість годин в січні визначаємо за формулою

$$\tau = 24 \times n = 24 \times 30 = 720 \text{ год.}$$

де 24 – кількість годин у добі;
n – кількість діб у травні

$$n = 30 \text{ доб.}$$

Визначаємо кількість вологи $W_{зп2}$, кг/м^2, що видаляється за травень із зоні конденсації 2 за формулою:

$$W_{\text{лп2}} = \tau(i_{\text{з}} - i_{\text{х}}) \cdot 10^{-6} = 720 \times (103{,}33 - 24{,}55) \times 10^{-6} = 0{,}0567 \text{ кг/м}^2$$

Визначаємо загальну кількість вологи $W_{зп}$, кг/м^2, що видаляється із огороджувальної конструкції у травні за формулою

$$W_{\text{зп}} = \tau(i_{\text{в}} + i_{\text{з}}) \cdot 10^{-6} = W_{\text{зп1}} + W_{\text{зп2}} = 0{,}0951 + 0{,}0567 = 0{,}1518 \text{ кг/м}^2$$

Питання для самоперевірки

1. Назвіть і охарактеризуйте види вологи, що впливають на будинок.
2. Заходи захисту від зволоження будівельних конструкцій.
3. Абсолютна та відносна вологість повітря.
4. Конденсаційне зволоження.
5. Температура точки роси.
6. Сорбційне зволоження.
7. Паропроникнення. Коефіцієнт паропроникнення.
8. Визначення кількості водяної пари, що проникає крізь огородження.
9. Визначення опору паропроникненню.
10. Розрахунок вологісного режиму огородження.
11. Особливості конструктивних рішень огороджень для вологих умов експлуатації.

14 ЗАГАЛЬНІ КОНСТРУКТИВНІ ПРИНЦИПИ ЗОВНІШНІХ СТІН ІЗ ФАСАДНОЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ

Конструкції фасадної теплоізоляції зовнішніх стін будинків являють собою комплект, який складається з набору виробів, що з'єднуються у збірну систему під час монтажу споруди. Комплект повинен мати характеристики, які дозволяють споруді після її встановлення забезпечувати необхідні енергетичні показники та показники безпеки під час експлуатації.

Збірна система складається з несучої частини зовнішньої стіни та конструкції теплоізоляції, яка розміщується на зовнішній поверхні стіни та включає такі вироби та компоненти, як шар теплової ізоляції, опоряджувальний шар, засоби їх кріплення на несучій частині. Перелік, тип і склад виробів і компонентів є строго фіксованим у комплекті, а їх кількість може змінюватися відповідно до конкретного об'єкта застосування.

Вимоги до збірної системи встановлюються ДБН В.2.6-33:2008, а також вимогами ДСТУ Б В.2.6-34, ДСТУ Б В.2.6-35, ДСТУ Б В.2.6-36 та технічних умов у залежності від конструктивних класів комплектів.

14.1 Класифікація збірних систем

Класифікація збірних систем за конструктивними рішеннями приймається відповідно до ДСТУ Б В.2.6-34 та наведена у таблиці 14.1-14.2.

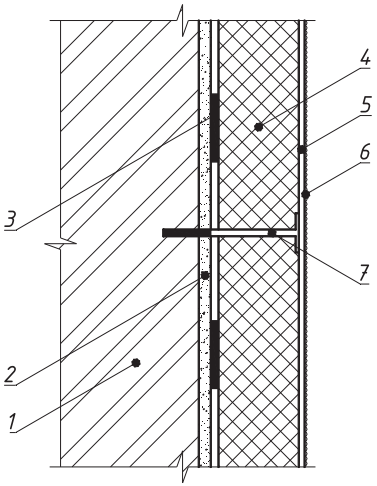
У залежності від конструктивного рішення застосовують збірні системи з опорядженням:

- штукатурками або дрібноштучними елементами (клас А);
- цеглою або стіновими каменями (клас Б);
- індустріальними елементами (клас В);
- прозорими елементами (клас Г).

Конструктивні схеми збірних систем відповідно до конструктивних класів наведено на рис. 14.1-14.8.

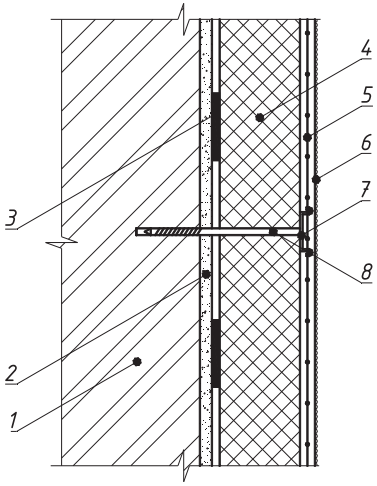
При проектуванні збірних систем слід враховувати конструктивно-технологічні особливості їх застосування та експлуатації.

Збірні системи з опорядженням штукатурками або дрібноштучними виробами (клас А) виконуються з тепловою ізоляцією, що закріплюється на несучій частині стіни, з нанесенням опоряджувального шару на поверхню шару теплової ізоляції. Комплект складається з клейових матеріалів, теплоізоляційного матеріалу, механічних засобів кріплення теплової ізоляції, армувальної сітки, опоряджувального покриття.



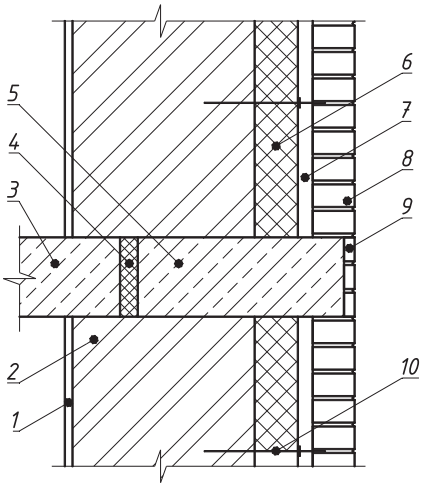
1 - несуча частина стіни;
2 - вирівнювальний штукатурний шар;
3 - клейовий шар;
4 - шар теплової ізоляції;
5 - захисний шар, армований склосіткою;
6 - опоряджувальне покриття;
7 - елемент механічного кріплення утеплювача

Рис 14.1 Конструктивна схема збірної системи з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками (підклас А1) (Вертикальний переріз)



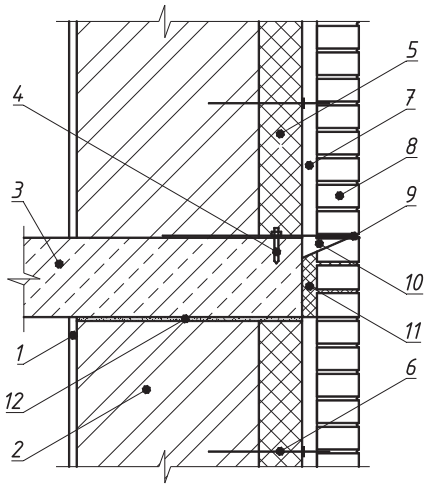
1 - несуча частина стіни;
2 - вирівнювальний штукатурний шар;
3 - клейовий шар;
4 - шар теплової ізоляції;
5 - захисний шар, армований металевою сіткою;
6 - опоряджувальне покриття;
7 - фіксатор металевої сітки;
8 - елемент механічного кріплення утеплювача

Рис. 14.2 Конструктивна схема збірної системи з опорядженням товстошаровими штукатурками (підклас А2) (Вертикальний переріз)



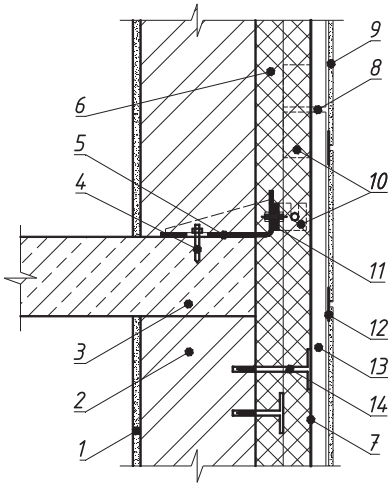
1 - внутрішня штукатурка;
2 - несуча стіна;
3 - плита перекриття;
4 - додатковий теплоізоляційний вкладиш;
5 - залізобетонний консольний пояс через 3-4 поверхи;
6 - шар теплової ізоляції;
7 - повітряний вентильований прошарок;
8 - опоряджувальний шар із цегли або стінових дрібноштучних каменів з вентиляційними отворами у вертикальних швах;
9 - клінкерна фасадна цегла;
10 - металевий зв'язок із

Рис. 14.3 Конструктивна схема збірної системи з несучими зовнішніми стінами (підклас Б.1.1) (Вертикальний переріз



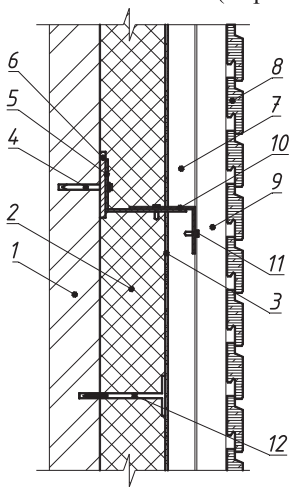
1 - внутрішня штукатурка;
2 - самонесуча стіна;
3 - монолітна плита перекриття;
4 -анкер клиновий;
5 - шар теплової ізоляції;
6 - металевий зв'язок із фіксатором утеплювача;
7 - повітряний вентильований прошарок;
8 - опоряджувальний шар із цегли або стінових дрібноштучних каменів з вентиляційними отворами у вертикальних швах;
9 - температурний компенсатор;
10 - дискретні кронштейни;
11 - теплоізоляційний вкладиш;
12 - компенсаційний шов

Рис. 14.4 Конструктивна схема збірної системи з самонесучими зовнішніми стінами (підклас Б.3.2) (Вертикальний переріз)



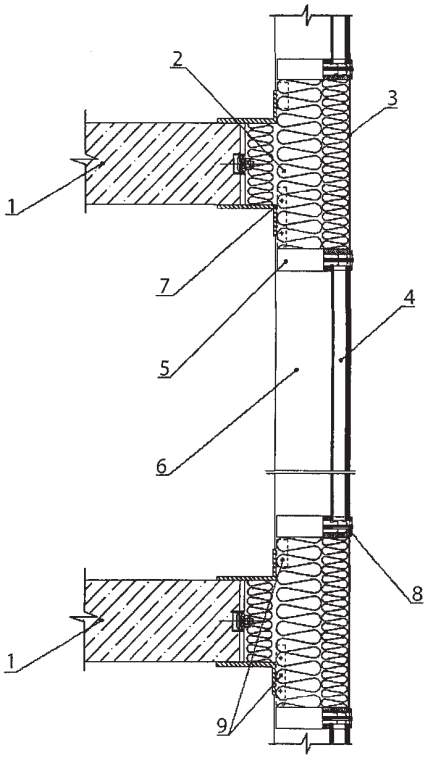
1 - внутрішня штукатурка;
2 - несуча частина стіни;
3 - залізобетонна плита перекриття;
4 - анкер клиновий;
5 - кронштейн;
6 - шар теплової ізоляції;
7 - повітрозахисна мембранна плівка;
8 - повітряний вентильований прошарок;
9 - індустріальні личкувальні елементи (керамічні плити);
10 - з'єднувальні елементи;
11 – прокладка;
12 - клямер;
13 - стояк;
14 - елемент механічного кріплення утеплювача

Рис. 14.5 Конструктивна схема збірної системи із стояковим кріпленням зовнішнього опоряджувального захисного шару (підклас В.1) (Вертикальний переріз)



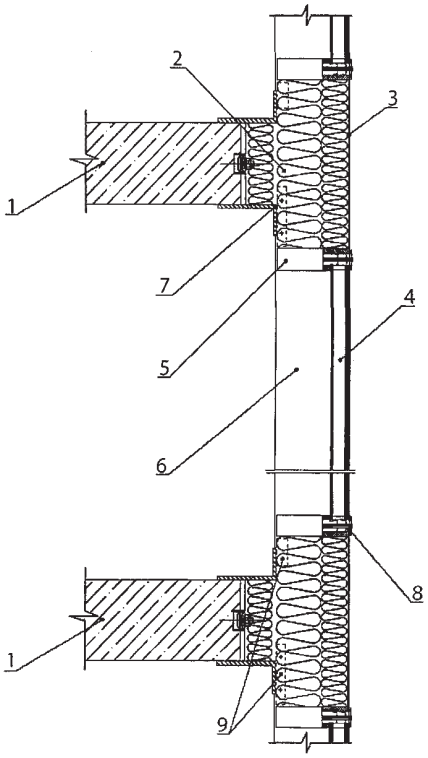
1 - несуча частина стіни;
2 - шар теплової ізоляції;
3 - повітрозахисна мембранна плівка;
4 - анкер;
5 - кронштейн;
6 - прокладка паронітова;
7 - повітряний вентильований прошарок;
8 - індустріальні личкувальні елементи (ламіновані панелі);
9 - стояк;
10 - ригель;
11 - з'єднувальний елемент; 1
12 - елемент механічного кріплення утеплювача

Рис.14.6 Конструктивна схема збірної системи із стояково-ригельним кріпленням зовнішнього опоряджувального захисного шару (підклас В.8) (Вертикальний переріз)



1 - плита перекриття;
2 - елементи несучого каркаса (ригелі);
3 - елементи несучого каркаса (стояки);
4 - склопакети;
5 - шар теплової ізоляції;
6 - внутрішня обшивка;
7 - вентильований повітряний прошарок;
8 - опоряджувальний світлопрозорий шар;
9 - елемент кріплення опоряджувального шару

Рис.14.7 Конструктивна схема збірної системи з комбінованим світлопрозорим фасадом (підклас Г.4.1) (Вертикальний переріз)



1 - плита перекриття;
2 - шар теплової ізоляції;
3 - опоряджувальний світлопрозорий шар;
4 - склопакети;
5 - елементи несучого каркаса (ригелі);
6 - елементи несучого каркаса (стояки);
7 - кронштейн;
8 - елемент кріплення світлопрозорого опоряджувального шару;
9 - з'єднувальні елементи

Рис. 14.8 Конструктивна схема збірної системи з суцільним світлопрозорим фасадом із термоізоляцією плит перекриттів (підклас Г.1.2) (Вертикальний переріз)

Таблиця 14.1

Класи та підкласи збірних систем (табл. 1 [12])

Класи	Найменування класів	Найменування підкласів
Клас А	Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою	А.1 З опорядженням тонкошаровими штукатурками А.2 З опорядженням товстошаровими штукатурками А.3 З опорядженням дрібнорозмірною плиткою
Клас Б	Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням цеглою	Б.1 З опорядженням керамічною цеглою Б.2 З опорядженням силікатною цеглою Б.3 З опорядженням пресованим каменем
Клас В	Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з вентильованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами	В.1 З опорядженням керамічними плитками В.2 З опорядженням плитками з природного каменю В.3 З опорядженням металевими дрібно штучними та крупно розмірними панелями В.4 З опорядженням плитами цементно-волокнистих матеріалів В.5 З опорядженням композитними алюмінієвими матеріалами В.6 З опорядженням виробами із дрібнозернистого бетону В.7 З опорядженням полімербетонними панелями В.8 З опорядженням ламінованими панелями В.9 З опорядженням керамогранітом В.10 З опорядженням іншими індустріальними елементами
Клас Г	Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням прозорими елементами	Г.1 З опорядженням склом будівельним Г.2 З опорядженням склом загартованим будівельним Г.3 З опорядженням склом з енергозберігаючим покриттям Г.4 З опорядженням склом сонцезахисним Г.5 З опорядженням склом фасадним з нанесенням емалевим покриттям Г.6 З опорядженням склом візерунковим Г.7 З опорядженням склом армованим Г.8 З опорядженням ламінованим склом (триплексом) Г.9 З опорядженням склом забарвленим у масі Г.10 З опорядженням гідрофобним склом Г 11 З опорядженням іншими типами скла, що дозволені для застосування у будівництві

Таблиця 14.2

Класифікація збірних систем за конструктивними елементами (табл. 2 [12])

Класи	За сприйняттям стіною навантажень в конструктивній схемі будинку	За матеріалом стіни	За матеріалом теплоізоляційного шару
Клас А	1 Несучі 2 Самонесучі 3 Навісні	1 Із цегли 2 Із монолітного або збірного залізобетону 3 З блоків із важких бетонів, У т.ч. із порожнечами 4 З блоків із легкого конструктивного бетону	З плит і базальтової вати З плит зі скляного штапельного волокна З плит із спінених полімерних матеріалів або торкретаційного шару З блоків із легких бетонів
Клас Б			З плит із базальтової вати З плит зі скляного штапельного волокна З плит із спінених полімерних матеріалів З блоків із легких бетонів
Клас В			З плит із базальтової вати З плит із скляного штапельного волокна
Клас Г	2 Самонесучі 3 Навісні	1 З комбінованим світлопрозорим фасадом 2 З суцільним світлопрозорим фасадом	З плит із базальтової вати З плит із скляного штапельного волокна З плит із спінених полімерних матеріалів З блоків із легких бетонів Зі склопакетів З подвійним склінням

Збірні системи з опорядженням цеглою або стіновими каменями (клас Б) виконуються з самонесучою тепловою ізоляцією в межах поверху або ярусу, яка встановлюється на консольні залізобетонні пояси (або монолітні обв'язувальні пояси для сейсмічних районів) з повітряним прошарком між її зовнішньою поверхнею та захисним шаром з цегли або стінових каменів. Комплект складається з теплоізоляційного шару, опоряджувального захисного шару з цегли або стінового каменю, конвекторів з антикорозійним захисним покриттям або зі скловолокнистих

стрижнів, фіксаторів теплоізоляційного шару, дискретних кронштейнів із нержавіючої сталі.

Збірні системи з опорядженням індустріальними елементами (клас В) виконуються з тепловою ізоляцією, що навішена на несучу частину стіни з утворенням вентильованого повітряного прошарку між її зовнішньою поверхнею та опоряджувальним шаром. Комплект складається з теплової ізоляції, повітрозахисного шару, опоряджувального зовнішнього захисного шару з непрозорих тонкостінних елементів індустріального виготовлення; кріпильного каркаса, до складу якого входять несучі та з'єднувальні елементи, крон- штейни, напрямні вироби; елементів кріплення тепло- і повітрозахисних шарів; елементів примикання до будівельних конструкцій будинку.

Збірні системи з опорядженням прозорими елементами (клас Г) виконуються з тепловою ізоляцією, що може бути навішеною або самонесучою в межах поверху або ярусу, яка встановлюється з повітряним прошарком між її зовнішньою поверхнею та захисним світлопрозорим шаром. Комплект складається зі світлопрозорих елементів; несучого каркаса, до складу якого входять стояки, ригелі, елементи кріплення; непрозорих з боку приміщення елементів із тепловою ізоляцією.

14.2 Основні вимоги забезпечення показників безпеки

Основні вимоги забезпечення показників безпеки під час застосування фасадної теплоізоляції:

1. Безпека життя та здоров'я людини і захист довкілля
2. Довговічність конструкцій фасадної теплоізоляції повинна забезпечуватися за рахунок застосування матеріалів, що відповідають вимогам щодо стійкості (морозостійкість, вологостійкість, біостійкість, корозійна стійкість, стійкість до впливу високих температур, циклічних температурних коливань та інших руйнівних впливів навколишнього середовища).
3. Конструкції фасадної теплоізоляції повинні відповідати вимогам щодо забезпечення несучої здатності елементів кріпильного каркаса протягом зазначеного нормами часу експлуатації.
4. Конструкції фасадної теплоізоляції повинні відповідати вимогам пожежної безпека об'єктів будівництва [4], а також наступним положенням:

При застосуванні матеріалів теплової ізоляції та опоряджувального шару групи горючості НГ згідно з класифікацією ДБН В.1.1-7 (рис. 14.9) системи можуть застосовуватися для будинків з умовною висотою $H \leq 73{,}5$ м без обмежень.

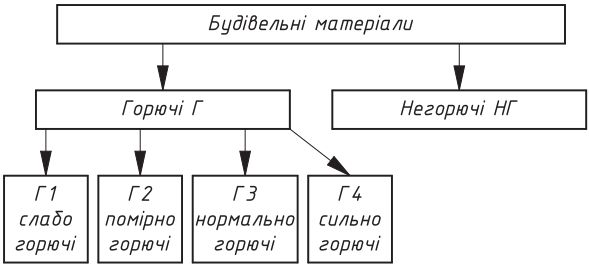


Рис. 14.9 Пожежна класифікація будівельних матеріалів

Конструкції з шаром теплової ізоляції груп горючості Г1, Г2 та опоряджувальним шаром із матеріалів, які відносяться до груп горючості Г1, Г2 згідно з класифікацією ДБН В.1.1-7, можуть застосовуватися тільки для будинків з умовною висотою $H \leq 15$ м за винятком будинків дитячих дошкільних закладів, навчальних, лікувальних закладів згідно з ДБН В.2.2-3, ДБН В.2.2-4, ДБН В.2.2-10 та будинків I ступеня вогнестійкості, а також для будинків II та III ступенів вогнестійкості при застосуванні опоряджувального шару з матеріалів, які відносяться до групи горючості Г2.

Конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатуркою або дрібноштучними виробами (клас А) при застосуванні теплової ізоляції груп горючості Г1, Г2 згідно з класифікацією ДБН В.1.1-7 та штукатурки або дрібноштучних виробів із негорючих матеріалів та матеріалів Г1 можуть застосовуватися для багатоповерхових будинків з умовною висотою $H \leq 26{,}5$ м за винятком дитячих дошкільних закладів, навчальних закладів та лікувальних закладів згідно з ДБН В.2.2-3, ДБН В.2.2-4, ДБН В.2.2-10 та будинків I ступеня вогнестійкості, будинків II та III ступенів вогнестійкості культурно-видовищних закладів, закладів дозвілля. При умовній висоті понад $H > 15$ м обов'язкове виконання поясів через кожні три поверхи та обрамлення віконних та балконних прорізів тепловою ізоляцією із негорючих матеріалів завширшки не менше двох тов- щин використаної ізоляції.

Конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням індустріальними елементами (клас В) з шаром теплової ізоляції із негорючих мінераловатних плит та з личкувальним шаром групи горючості Г1 згідно з класифікацією ДБН В.1.1-7 можуть застосовуватися для багатоповерхових будинків з умовною висотою $H \leq 26{,}5$ м за винятком будинків дитячих дошкільних закладів, навчальних, лікувальних закладів згідно з ДБН В.2.2-3, ДБН В.2.2-4, ДБН В.2.2-10 та будинків I ступеня вогнестійкості,

будинків II та III ступенів вогнестійкості культурно-видовищних закладів, закладів дозвілля.

Конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням цеглою або стіновими каменями (клас Б) та конструкції з опорядженням прозорими елементами (клас Г) при застосуванні теплової ізоляції групи горючості Г1 згідно з класифікацією ДБН В.1.1-7 можуть застосовуватися для багатоповерхових будинків з умовною висотою $H \leq 26,5$ м за винятком дитячих дошкільних закладів, навчальних закладів та лікувальних закладів згідно з ДБН В.2.2-3, ДБН В.2.2-4, ДБН В.2.2-10 та будинків I, II та III ступенів вогнестійкості культурно-видовищних закладів, закладів дозвілля. При умовній висоті понад $H > 15$ м обов'язкове виконання поясів через кожні три поверхи та обрамлення віконних та балконних прорізів тепловою ізоляцією із негорючих матеріалів завширшки не менше двох товщин використаної ізоляції.

Обмеження, що встановлені вище щодо застосування горючих матеріалів у конструкціях фасадної теплоізоляції, не розповсюджуються на одноквартирні житлові будинки V ступеня вогнестійкості згідно з ДБН В.2.2-15.

Висота будинків та дозволені до застосування в конструкціях теплоізоляційні та опоряджувальні матеріали в залежності від групи їх горючості наведені в таблиці 14.3.

5. Проектування елементів кріпильного каркаса конструкцій фасадної теплоізоляції має здійснювати ся так, щоб їх механічний опір та стійкість забезпечували сприйняття навантажень згідно з вимогами ДБН В. 1.2-2, ДСТУ Б В.1.2-3. На будівельних об'єктах з умовною висотою понад $H > 73,5$ м та на об'єктах експериментального будівництва збірні системи допускається використовувати на основі обґрунтування, погодженого у встановленому порядку.

6. Клас енергетичної ефективності будинків із зовнішніми стінами з фасадною теплоізоляцією встановлюється та забезпечується при проектуванні будинків за вимогами ДБН В.2.6-31. 5.6 Показники світлопрозорих елементів збірних систем повинні забезпечувати вимоги ДБН В.2.2-15, ДБН В.2.5-28, ДБН В.2.6-31, ДСТУ Б В.2-7-107, ДСТУ Б В.2.6-23, СН 205 за показниками приведеного опору теплопередачі, температур внутрішньої поверхні та температурного перепаду при розрахункових температурах навколишнього середовища, повітропроникності, індексу ізоляції повітряного шуму, коефіцієнта направленого пропускання світла, інсоляції та природного освітлення приміщень.

Таблиця 14.3

Застосування конструкцій фасадної теплоізоляції в залежності від їх класу, висотності будинків та горючості матеріалів теплоізоляційного та опоряджувального шарів (табл. 1 [7])

Клас збірної системи	Умовна висота будинків H, м	Група горючості теплоізоляційного матеріалу			Група горючості опоряджувального матеріалу		
		НГ	Г1	Г2	НГ	Г1	Г2
А	$H \leq 15$	+	+	+		+[1)]	+[1)]
	$15 < H \leq 26{,}5$	+	+	+	+	+[1)]	
	$26{,}5 < H \leq 73{,}5$	+			+		
Б	$H \leq 15$	+	+	+	+		
	$15 < H \leq 26{,}5$	+	+		+		
	$26{,}5 < H \leq 73{,}5$	+			+		
В	$H \leq 15$	+	+	+		+[1)]	+[1)]
	$15 < H \leq 26{,}5$	+			+	+[1)]	
	$26{,}5 < H \leq 73{,}5$	+			+		
Г	$H \leq 15$	+	+	+	+		
	$15 < H \leq 26{,}5$	+	+		+		
	$26{,}5 < H \leq 73{,}5$	+			+		

"+" означає можливість застосування

[1)] з урахуванням вимог п.4

* - за умови погодження з органами державного пожежного нагляд

7. Емісія шкідливих хімічних речовин в атмосферне повітря від матеріалів, що використовуються в конструкціях фасадної теплоізоляції, не повинна перевищувати гранично-допустимих концентрацій (ГДК) згідно з вимогами СанПіН 6027 А, ДСП 201.

8. Матеріали, що використовуються в конструкціях фасадної теплоізоляції, повинні відповідати вимогам ДГН 6.6.1.-6.5.001, ДБН В.1.4-0.01, ДБН В.1.4-1.01 та мати позитивні висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи МОЗ України.

Фізико-технічні показники збірної системи слід наводити залежно від конструктивного класу за положеннями таблиці 14.4. Додаткові вимоги до основних виробів та елементів комплекту наводяться з урахуванням конструктивних особливостей конструкції фасадної теплоізоляції у ДСТУ Б В.2.6-34.

Таблиця 14.4

Основні фізико-механічні показники збірних систем (табл. 3 [7])

Обов'язкові показники	Класи			
	А	Б	В	Г
1	2	3	4	5
1 Приведений опір теплопередачі	+	+	+	+
2 Міцність зчеплення теплоізоляційного шару з захисно-опоряджувальним шаром	+	-	-	-
3 Теплоізоляційний шар:				
- термін ефективної експлуатації;	+	+	+	+
- теплопровідність;	+	+	+	+
- густина;	+	+	+	+
- міцність на осьовий розтяг;	+	+	+	+
- міцність на стиск при 10 %-й лінійній деформації;	+	+	+	+
- товщина	+	+	+	+
4 Товщина повітряного прошарку	-	+	+	+
5 Зусилля виривання дюбеля з несучої стіни	+	-	+	+
6 Допустиме зниження опору теплопередачі системи після випробувань надійності теплової ізоляції конструкції	+	+	+	+
7 Допустимі відхилення від проектного положення (фасаду, плит опорядження, повітряного прошарку, елементів кріплення)	-	+	+	+
8 Кількість дюбелів для кріплення каркаса до несучої частини стіни	-	-	+	+
9 Стійкість опоряджувального шару до впливу кліматичних факторів	+	+	+	+
10 Стійкість опоряджувального шару при ударі	+	+	+	-
11 Безпека опоряджувального шару при ударі	-	-	-	+
12 Маса 1 $м^2$ фасадної теплоізоляції у стані експлуатаційної вологості	+	-	-	-
13 Коефіцієнт паро проникності теплоізоляційного та по вітрозахисного шарів	+	+	+	+
14 Опір паро проникності опоряджувального шару	+	-	-	-
15 Вимоги до антикорозійного захисту кріпильних елементів каркаса конструкцій фасадної теплоізоляції	-	+	+	+
16 Вимоги до матеріалу, геометричних розмірів дюбелів, глибини їх анкерування	+	-	+	+

Продовження таблиці 14.4

1	2	3	4	5
17 Опір повітропроникності шару (шарів) теплоізоляції та повітроізоляції	-	+	+	+
18 Вимоги до марок металу кріпильних елементів каркаса, клясерів тощо, та товщини профілів кріпильного каркасу	-	+	+	+
19 Допустима довжина монтажних елементів стояків та ригелів	-	-	+	+
20 Групи горючості матеріалів теплоізоляційного шару	+	+	+	+
21 Групи горючості матеріалів опоряджувального шару	+	-	+	-
22 Здатність конструкції фасадної теплоізоляції поширювати вогонь	+	-	-	-
23 Водонепроникність	-	-	-	+
24 Деформативність каркаса під вітровим навантаженням	-	-	-	+

14.3 Умовні познаки збірних систем або конструкцій фасадної теплоізоляції

Умовні познаки збірних систем або конструкцій фасадної теплоізоляції, що використовуються в проектній та технічній документації, містять літери або цифрові елементи, які відокремлюються рискою згідно з наведеною схемою.

Кількісними характеристиками конструкції фасадної теплоізоляції є товщина теплоізоляційного шару в мм та теплопровідність матеріалу теплоізоляційного шару в розрахункових умовах, яка наводиться в знаках після коми в системній одиниці вимірювання теплопровідності. У разі використання двошарової теплоізоляції значення теплопровідності в розрахункових умовах наводиться для обох шарів.

В умовних познаках використовують такі скорочення:

Б – теплоізоляційний шар із мінераловатних виробів на основі базальтових волокон;

М – теплоізоляційний шар із мінераловатних виробів із скловолокна;

П – теплоізоляційний шар із виробів на основі спінених пластичних матеріалів;

Д – двошаровий теплоізоляційний шар;

С – суцільний світлопрозорий фасад;

СК – комбінований світлопрозорий фасад;

ii – інші конструктивні характеристики (можливо використовувати характерні літери конструктивної ознаки за винятком наведених літер).

У залежності від об'єкта проектування – збірної системи, або об'єкта постачання – конструкцій фасадної теплоізоляції умовні познаки можуть складатися тільки з підкласу відповідно до таблиці 14.1 (наприклад, А.1 – клас А з опорядженням тонкокошаровими штукатурками) або підкласів згідно з таблицями 14.1 та 14.2 (наприклад, А.1.1 – конструкції зовнішньої стіни з фасадною теплоізоляцією та опорядженням тонкошаровою штукатуркою з несучими стінами, А.1.1.1 – конструкції зовнішньої стіни з фасадною теплоізоляцією та опорядженням тонкокошаровою штукатуркою з несучими стінами з цегли).

Приклади умовної познаки збірної системи:

КФТ –	**А1 –**	**П**	**05 –**	**100 –**	**К.1 –**	**ДСТУ Б В. 2.6-36:2008**
Назва системи	Клас та підклас системи за табл.. 15.1-15.2	Тип теплоізоляційного матеріалу: **П** – із піно полістирольних плит; **М** – із плит на основі мін. Сировини; **ПМ** – із комбінації плит	Теплопровідність теплоізоляційного матеріалу в розрахункових умовах, що дорівнює 0,05 Вт/(м К)	Товщина шару теплоізоляції, мм	Спосіб кріплення теплоізоляції За табл.. 15.5	Повне літерно-цифрове позначення стандарту

ХХХ –	**Б.3.2.4 –**	**Нб**	**11 –**	**300 –**	**ДСТУ Б В. 2.6-34:2008**
Назва системи	Клас та підклас системи за табл.. 15.1-15.2 з опорядженням пресованим каменем з самонесучими стінами	Тип теплоізоляційного матеріалу: із ніздрюватого бетону (Нб)	Теплопровідність теплоізоляційного матеріалу в розрахункових умовах, що дорівнює 0,11 Вт/(м К)	Товщина шару теплоізоляції, мм	Повне літерно-цифрове позначення стандарту

Таблиця 14.5

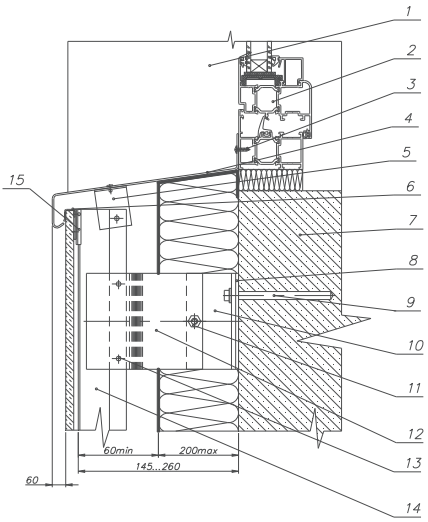
Способи кріплення теплоізоляційних матеріалів конструкції із фасадною теплоізоляцією класу А

Тип	Спосіб кріплення
К.1	клеєні високоадгезивним клеєм суцільно по всій поверхні плити теплоізоляційного матеріалу на відстані від 10 мм до 15 мм від крайок. Клей наносять зубчастим шпателем з розмірами зуба 10 мм х 10 мм. На мінераловатні плити клей наносять тільки суцільно;
К.2	клеєні високоадгезивним клеєм окремими маяками (мазками через 150-200 мм). Діаметр маяка 100 мм. На плиту 0,5 м х 1 м - 6-8 маяків;
К.3	клеєні високоадгезивним клеєм смугами (по периметру на відстані від 10 мм до 15 мм від крайок та посередині кожної плити утеплювача). Смуги по периметру повинні мати розриви для запобігання утворенню повітряних пробок;
Д	скріплені механічно фіксуючими елементами (дюбелями, анкерами, шпильками тощо). При цьому плитний утеплювач кріпиться до стіни виключно механічно фіксуючими елементами. Шпильки кріплять до поверхні стіни високоміцним клеєм. Шпильки використовують для гідроізольованих стін для запобігання руйнуванню гідроізоляції під час свердлення отворів при установленні дюбелів та анкерів;
КД	клеєні із застосуванням механічно фіксуючих елементів (клей + дюбелі або інше кріплення). У такий спосіб навантаження повністю розподіляється по поверхні склеювання утеплювача, а механічно фіксуючі елементи використовують як тимчасове з'єднання для повного висихання клею, а також для запобігання відшаруванню утеплювача на випадок пожежі;
ДК	скріплені механічно фіксуючими елементами із застосуванням клею (дюбелі чи інше кріплення + клей). При цьому навантаження розподіляється на механічно фіксуючі елементи, а клей використовують для попередньої прихватки утеплювача та забезпечення площинності з'єднання;
Т	скріплені за рахунок торкретування теплоізоляційного матеріалу та його адгезії з поверхнею несучої частини стіни

XXX –	В1 –	Б	048 –	100 –	А –	ДСТУ Б В. 2.6-35:2008
Назва системи	Клас та підклас системи за табл.. 15.1-15.2	Тип теплоізоляційного матеріалу: із базальтової вати – Б; зі скляного штапельного волокна – М	Теплопровідність теплоізоляційного матеріалу в розрахункових умовах, що дорівнює 0,048 Вт/(м К)	Товщина шару теплоізоляції, мм	Матеріал каркаса: нержавіюча сталь СН; оцинкована сталь ОС; алюміній А	Повне літерно-цифрове позначення стандарту

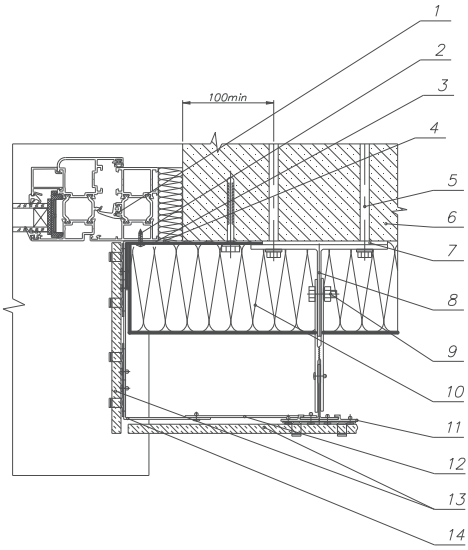
XXX –	Г.3.3.1–	Б	043 –	80 –	Р –	ДСТУ Б В. 2.6-34:2008
Назва системи	Клас та підклас системи за табл.. 15.1-15.2 з опорядженням склом з енергозберігаючим покриттям, навісний, комбінований	Тип теплоізоляційного матеріалу: із базальтового волокна (Б)	Теплопровідність теплоізоляційного матеріалу в розрахункових умовах, що дорівнює 0,043 Вт/(м К)	Товщина шару теплоізоляції, мм	з стояковоригельною системою каркаса з рамним склінням	Повне літерно-цифрове позначення стандарту

14.4 Деталі конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з вентильованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами



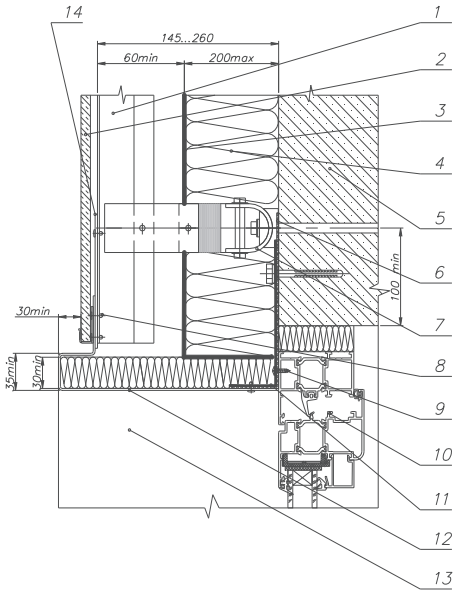
1. Укіс;
2. Віконний блок;
3. Гвинт самонарізний;
4. Відлив;
5. Кутик;
6. Клямер кінцевий;
7. Будівельна основа;
8. Термопрокладка
9. Анкерний дюбель;
10. Кронштейн;
11. Болт, гайка;
12. Подовжувач кронштейна;
13. Заклепка витяжна;
14. Напрямна -40;
15. Пластина клямерна.

Рис 14.10 Варіант виконання віконного відливу



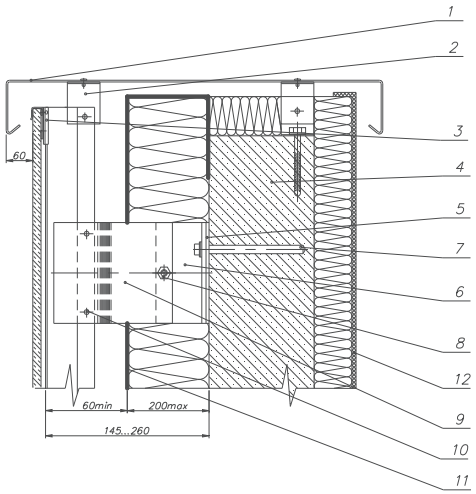
1. Віконний блок;
2. Гвинт самонарізний;
3. Протипожежне відсічення;
4. Кронштейн бічний;
5. Анкерний дюбель;
6. Будівельна основа;
7. Термопрокладка;
8. Кронштейн;
9. Болт, гайка;
10. Теплоізоляція;
11. Пластина клямерна;
12. Смуга сталева (1мм);
13. Плитка облицювальна;
14. Протипожежний короб.

Рис. 14.11 Варіант виконання бічного укосу вікна із застосуванням облицювальних плит



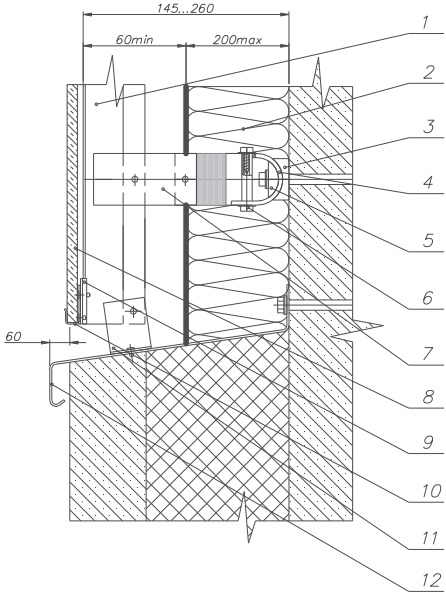
1. Напрямна вертикальна -80;
2. Плитка облицювальна;
3. Мембрана;
4. Теплоізоляція;
5. Будівельна основа;
6. Кронштейн верхній;
7. Кронштейн опорний;
8. Заклепка витяжна;
9. Гвинт самонарізний;
10. Віконний блок;
11. Протипожежне відсічення;
12. Укіс верхній;
13. Укіс бічний;
14. Смуга сталева (1мм).

Рис. 14.12 Варіант виконання верхнього укосу вікна



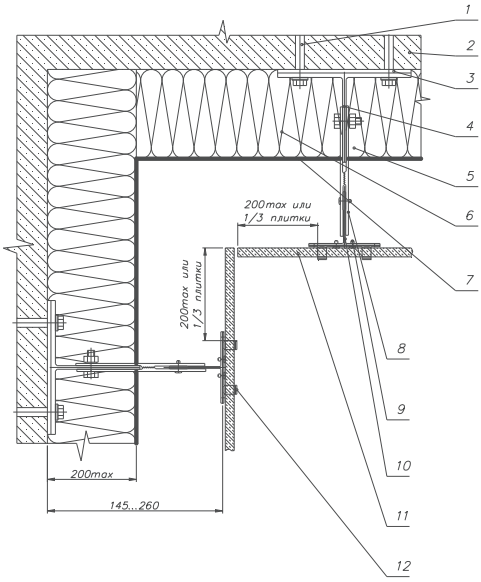
1. Кришка парапету;
2. Куточок;
3. Пластина клямерна;
4. Будівельна основа;
5. Термопрокладка;
6. Кронштейн;
7. Анкерний дюбель;
8. Болт, гайка;
9. Подовжувач кронштейна;
10. Заклепка витяжна;
11. Мембрана;
12. Гідроізоляція.

Рис. 14.13 Варіант виконання примикання до парапету.



1. Напрямна вертикальна 40;
2. Теплоізоляція;
3. Опора;
4. Кронштейн опорний;
5. Вкладиш;
6. Гвинт самонарізний;
7. Подовжувач ;
8. Плитка облицювальна;
9. Пластина клямерна;
10. Клямер кінцевий;
11. Куточок;
12. Відлив.

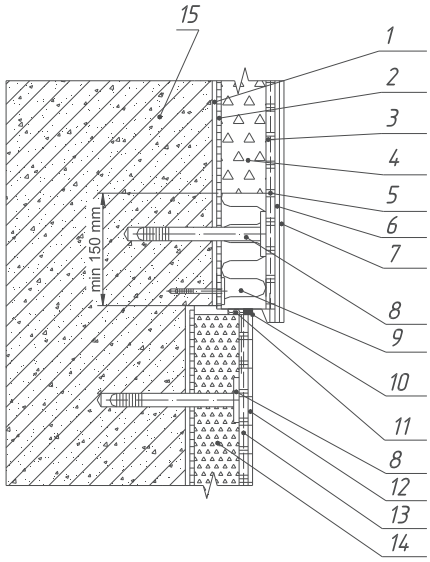
Рис. 14.14 Варіант виконання примикання до цоколя



1. Анкерний дюбель;
2. Будівельна основа;
3. Термопрокладка;
4. Кронштейн;
5. Болт, гайка, шайба;
6. Теплоізоляція;
7. Мембрана;
8. Подовжувач кронштейна;
9. Заклепка витяжна;
10. Напрямна вертикальна;
11. Плитка облицювальна;
12. Клямер.

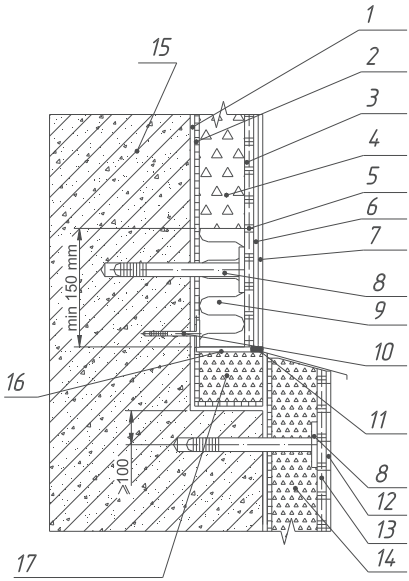
Рис.14.15 Варіант виконання внутрішнього кута
За альбомом технічних рішень [49]

14.5 Деталі конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою



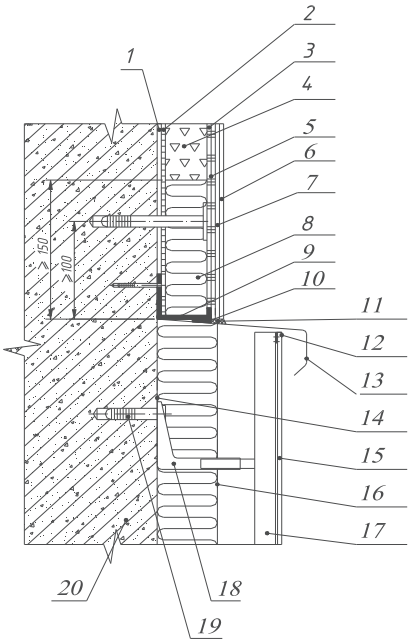
1. Ґрунтовка
2. Клейовий шар;
3. Клейовий шар;
4. Пінополістирол;
5. Армуюча сітка;
6. Кварцева грунтовка;
7. Декоративний штукатурний шар;
8. Дюбель;
9. Протипожежний розрив з мінераловатної плити;
10. Ущільнююча смуга;
11. Теплоізолююча вставка;
12. Керамічна плитка;
13. Базовий армований шар;
14. Екструдований пінополістирол;
15. Конструктивний шар стіни.

Рис. 14.16 Варіант примикання фасадної системи до цоколя (варіант 1)



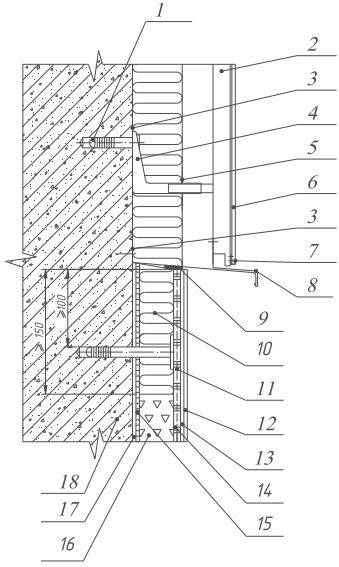
1. Ґрунтовка
2. Клейовий шар;
3. Клейова суміш;
4. Пінополістирол;
5. Армуюча сітка;
6. Кварцева грунтовка;
7. Декоративний штукатурний шар;
8. Дюбель;
9. Протипожежний розрив з мінераловатної плити;
10. Анкер;
11. Ущільнююча смуга;
12. Керамічна плитка;
13. Базовий армований шар;
14. Екструдований пінополістирол;
15. Конструктивний шар стіни
16. Відлив;
17. Смуга з екструдованого пінополістиролу.

Рис. 14.17 Варіант примикання фасадної системи до цоколя (варіант 2)



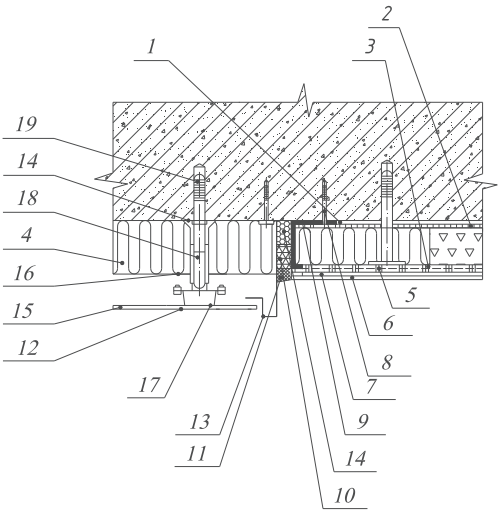
1. Ґрунтовка
2. Клейовий шар;
3. Клейова суміш;
4. Пінополістирол;
5. Армуюча сітка;
6.; Декоративний штукатурний шар
7. Кварцова ґрунтовка;
8. Протипожежний розрив з мінераловатної плити;
9. Цокольний профіль;
10. Ущільнююча смуга;
11. Поліуретановий герметик;
12. Клямер кінцевий;
13. Відлив;
14. Теплоізолююча прокладка;
15. Облицювальний матеріал;
16. Прижимна планка
17. Вертикальна напрямна
18. Кронштейн;
19. Дюбель;
20.Конструктивний шар стіни.

Рис. 14.18 Примикання «мокрого» фасаду до вентильованого (варіант 1)



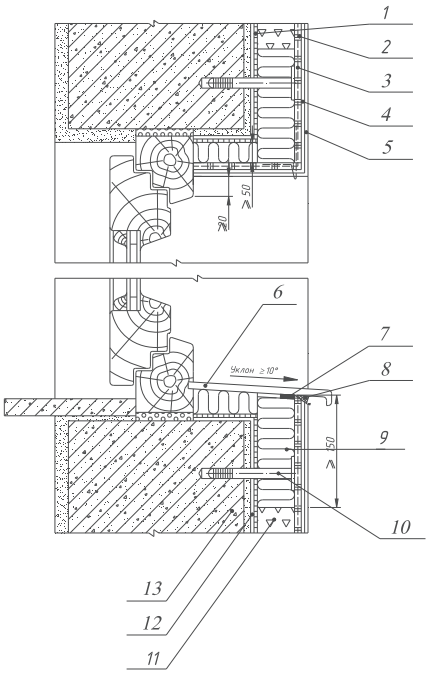
1. Дюбель;
2. Вертикальна напрямна;
3. Теплоізолююча прокладка;
4. Кронштейн;
5. Прижимна планка;
6. Облицювальний матеріал;
7. Клямер кінцевий;
8. Відлив;
9. Ущільнююча смуга;
10. Протипожежний розрив з мінераловатної плити;
11. Армуюча сітка;
12. Декоративний штукатурний шар;
13. Кварцова ґрунтовка;
14. Клейова суміш;
15. Клейовий шар;
16. Пінополістирол;
17. Ґрунтовка;
18. Конструктивний шар стіни.

Рис. 14.19 Примикання «мокрого» фасаду до вентильованого (варіант 2)



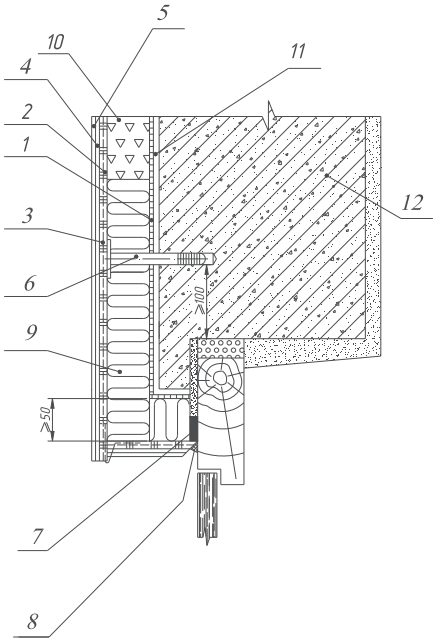
1. Ґрунтовка
2. Клейовий шар;
3. Клейова суміш;
4. Плитний утеплювач;
5. Армуюча сітка;
6. Декоративний штукатурний шар;
7. Кварцова ґрунтовка;
8. Цокольний дюбель;
9. Цокольний профіль;
10. Ущільнююча смуга;
11. Поліуретановий герметик;
12. Клямер рядовий;
13. Кінцевий елемент;
14. Теплоізолююча прокладка;
15. Облицювальний матеріал;
16. Прижимна планка
17. Вертикальна напрямна
18. Кронштейн;
19. Дюбель.

Рис. 14.20 Примикання «мокрого» фасаду до вентильованого (варіант 3)



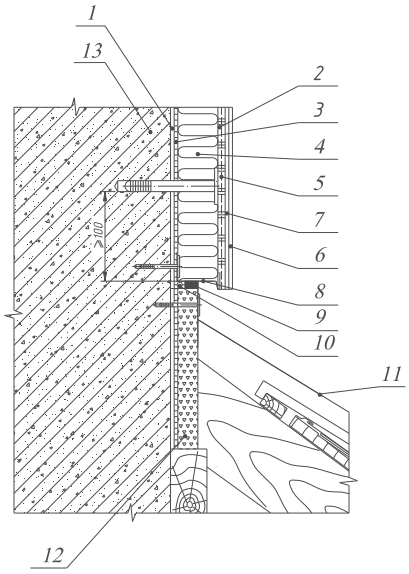
1. Клейовий шар;
2. Клейова суміш;
3. Армуюча сітка;
4. Кварцева ґрунтовка;
5. Декоративний штукатурний шар;
6. Відлив;
7. Ущільнююча смуга;
8. Поліуретановий герметик;
9. Протипожежний розрив з мінераловатної плити по всьому периметру віконної пройми;
10. Дюбель;
11. Пінополістирол;
12. Ґрунтовка;
13. Конструктивний шар стіни

Рис. 14.21 Примикання фасадної системи до віконного блоку



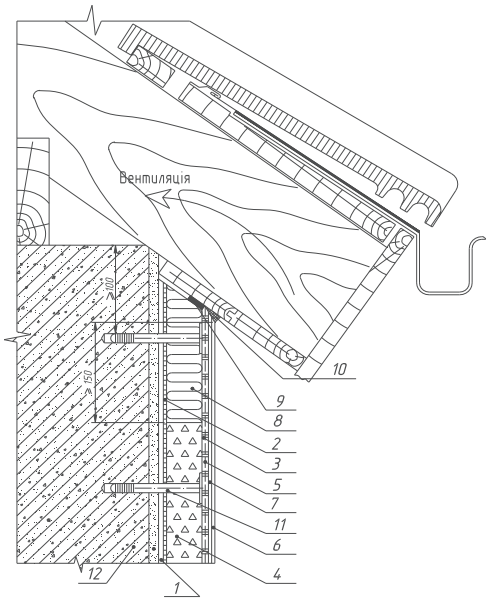
1. Клейовий шар;
2. Клейова суміш;
3. Армуюча сітка;
4. Кварцова ґрунтовка;
5. Декоративний штукатурний шар;
6. Дюбель;
7. Ущільнююча смуга;
8. Поліуретановий герметик;
9. Протипожежний розрив з мінераловатної плити по всьому периметру віконної пройми;
10. Пінополістирол;
11. Ґрунтовка;
12. Конструктивний шар стіни

Рис. 14.22 Примикання фасадної системи до віконного блоку



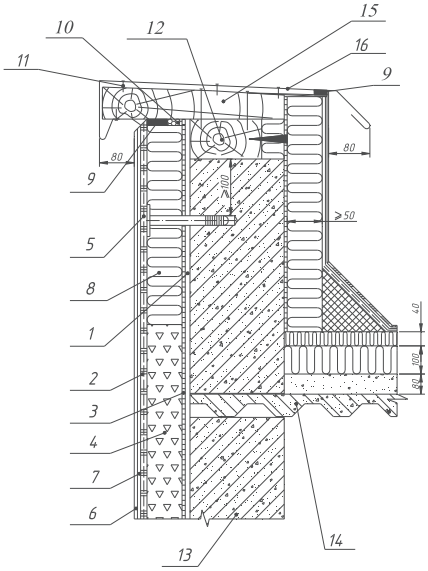
1. Ґрунтовка
2. Клейовий шар;
3. Клейова суміш;
4. Утеплювач;
5. Армуюча сітка;
6. Декоративний штукатурний шар;
7. Кварцова ґрунтовка;
8. Цокольний профіль;
9. Ущільнююча смуга;
10. Теплоізолююча вставка;
11. Фартух покрівлі;
12. Екструдований пінополістирол;
13. Конструктивний шар стіни.

Рис. 14.23 Примикання фасадної системи до односхилої покрівлі



1. Ґрунтовка
2. Клейовий шар;
3. Клейова суміш;
4. Пінополістирол;
5. Армуюча сітка;
6. Декоративний штукатурний шар;
7. Кварцова ґрунтовка;
8. Протипожежний розрив з мінераловатної плити;
9. Ущільнююча смуга;
10. Поліуретановий герметик;
11. Дюбель;
12. Екструдований пінополістирол;
13. Конструктивний шар стіни.

Рис. 14.24 Примикання фасадної системи до покрівлі



1. Ґрунтовка
2. Клейовий шар;
3. Клейова суміш;
4. Пінополістирол;
5. Армуюча сітка;
6. Декоративний штукатурний шар;
7. Кварцова ґрунтовка;
8. Протипожежний розрив з мінераловатної плити;
9. Ущільнююча смуга;
10. Теплоізолююча смуга;
11. Гвіздок;
12. Пробка дерев'яна;
13. Конструктивний шар стіни;
14. Плита перекриття;
15. Дошка антисептована;
16. Відлив.

Рис. 14.25 Примикання фасадної системи до парапету з утепленою покрівлею

За альбомом технічних рішень [48]

Питання для самоперевірки

1. Класифікація збірних систем.
2. Класи та підкласи збірних систем.
3. Основні вимоги забезпечення показників безпеки.
4. Основні фізико-механічні показники збірних систем.
5. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та вентильованим повітряним прошарком.
6. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою.

15 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ УТЕПЛЕННЯ СКЛАДНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ ОБОЛОНКИ БУДІВЕЛЬ

15.1 Теплоізоляція конструкцій, які межують з ґрунтом

Тепловтрати через підлогу першого поверху громадських будівель може досягати 20% від загального об'єму тепловтрат. Підлоги повинні задовольняти вимогам міцності та опору зносу, бути достатньо архітектурно-декоративними, безшумними, гігієнічними, економічними та зручно прибиратися. Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні зовнішніх стін житлових та громадських будинків становить відповідно 4 °С і 5 °С, а поверхнею підлоги – $\Delta t_{\text{сг}} = 2$ °С і $\Delta t_{\text{сг}} = 2{,}5$ °С відповідно.

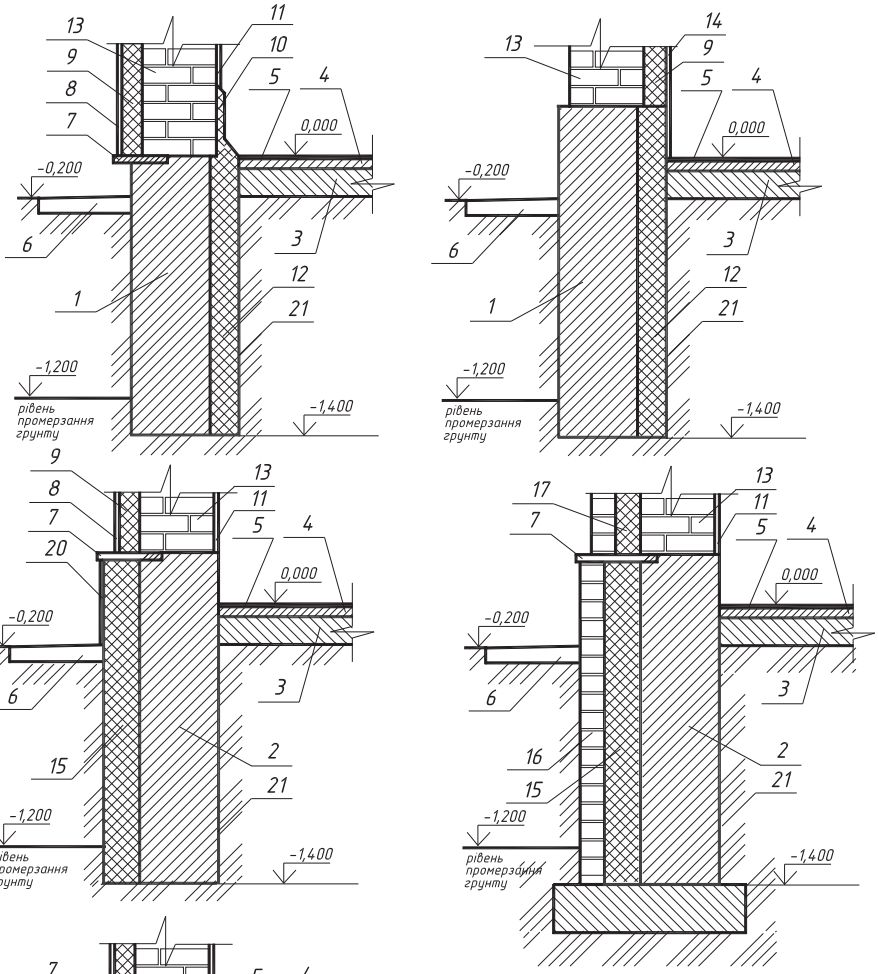
Для зниження тепловтрат підлогою по ґрунту рекомендується утеплення фундаментної зони будинку суцільним вертикальним поясом по зовнішньому або внутрішньому периметру. Товщина теплоізоляційного шару залежить від його місця розташування та глибини закладання. Рекомендується заглиблювати утеплювач до глибини на 200 мм нижче за рівень промерзання ґрунту у відповідних кліматичних умовах. Верхню межу вертикального утеплювача рекомендується піднімати на 500 мм вище за рівень поверхні підлоги (рис. 15.1 – 15.2).

Для утеплення фундаментної зони рекомендується застосовувати плитний утеплювач, до якого висуваються наступні вимоги: міцність на стиск (номінальна) 300 кН/м^2; довготривала міцність на стиск 110 кН/м^2; поглинання води при довготривалому (28 діб) зануренні ≤ 0,5 % об.; поглинання води при довготривалій (28 діб) дифузії ≤ 2 % об.; морозостійкість: поглинання води після 300 циклів заморожування і відтавання ≤ 1 об.; зниження міцності на стиск після 300 циклів заморожування і відтавання ≤ 10%.

Мінераловатні плити ($\lambda = 0{,}040 - 0{,}065$ Вт/м · К) клеять на гарячій бітумній мастиці без заповнювачів і гідроізолюють шаром гарячого бітуму для уникнення капілярного підсмоктування.

Плити з екструдованного піностиролу ($\lambda = 0{,}032 - 0{,}034$ Вт/м · К) наклеюють на стіну пінополіуретановою сумішшю. Завдяки однорідній структурі утеплюючого матеріалу з закритими порами його гідроізоляція не потрібна.

Пінополіуретан ($\lambda = 0{,}019 - 0{,}025$ Вт/м · К) характеризується відсутністю швів, суцільним приляганням до поверхні без додаткових кріплень та будь-якою товщиною шару. Крім того пінополіуретан сам є гідроізоляцією.



1 – бутобетонний фундамент; 2 – бетонний фундамент; 3 – бетонна підготовка, 150 мм; 4 – цементна стяжка, 40 мм; 5 – керамограніт; 6 – бетонне вимощення; 7 – бортовий камінь; 8 – цементно-піщаний розчин, 20 мм; 9 – пінополістирол, 100 мм; 10 – утеплюючи панель з декоративним оздобленням, 40 мм; 11 – вапняно-піщаний розчин, 20 мм; 12 – PREFROCK, 140 мм; 13 – цегляна стіна, 380 мм; 14 – гіпсокартон; 15 – PREFROCK, 180 мм; 16 – червона цегла, 120 мм; 17 – мін вата, 120 мм; 18 – PREFROCK, 140 мм; 19 – PREFROCK, 1000×50 мм; 20 – плити з штучного каменю; 21 – гідро(паро)ізоляція.

Рис. 15.1 Утеплення фундаментної зони:
а, б – внутрішнє; в, г, д – зовнішнє утеплення

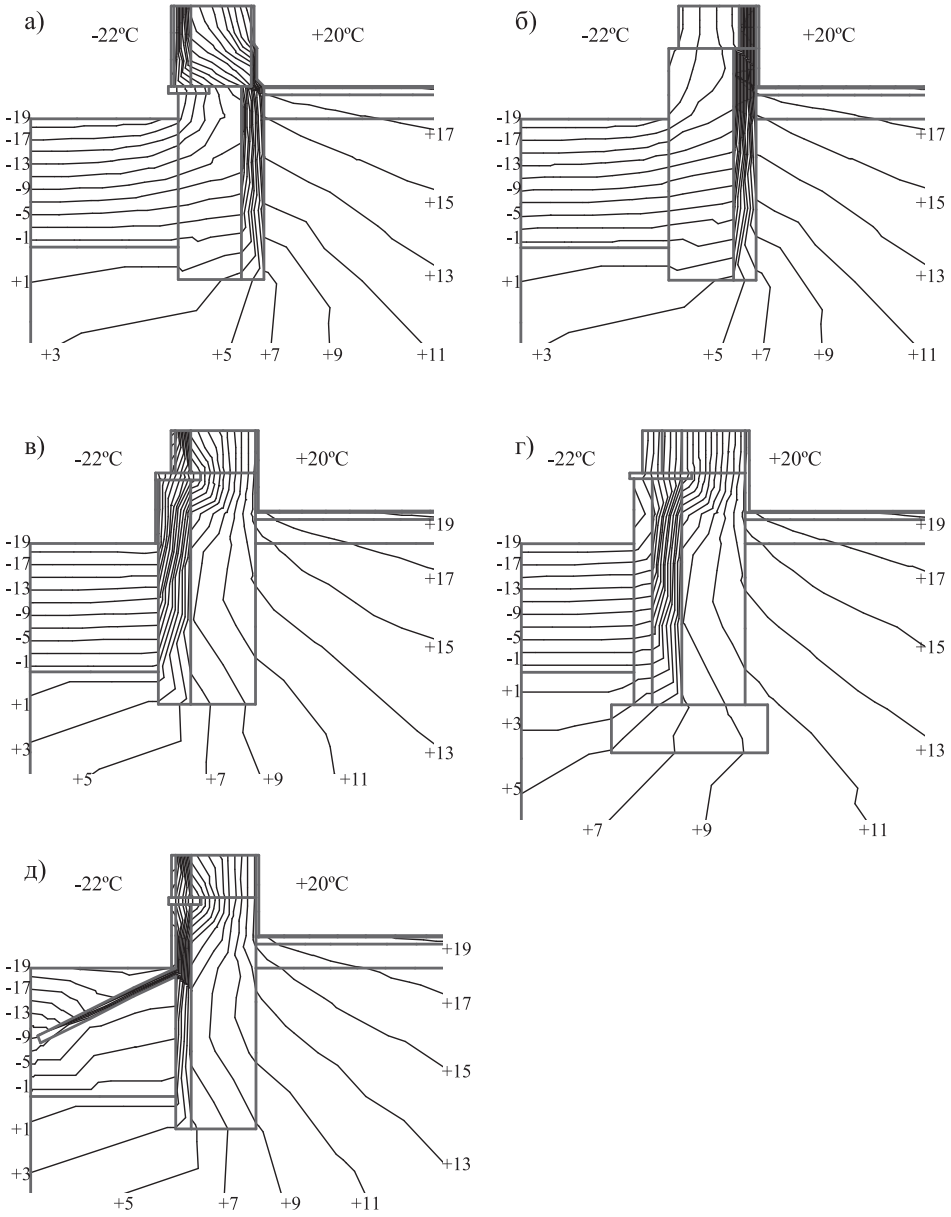


Рис. 15.2 Картина температурних полів навколофундаментної зони відповідно запропонованим рішенням утеплення: а, б – внутрішнє утеплення; в, г, д – зовнішнє утеплення

Використання горизонтального утеплюючого шару в конструкції підлоги менш ефективне порівняно з вертикальними шарами утеплення по внутрішньому або зовнішньому периметру фундаментної зони будинків, так як тепловий режим у куті примикання підлоги до зовнішньої стіни не відповідає нормативним вимогам. Але при неможливості влаштування вертикального утеплення або при проектуванні окремостоячих фундаментів можна використовувати горизонтальне утеплення підлог. Для зменшення тепловтрат пристінної зони суцільної підлоги громадських будинків рекомендується влаштування горизонтального шару утеплювача по внутрішньому периметру шириною 1 м та товщиною не менше 50 мм (рис. 15.3).

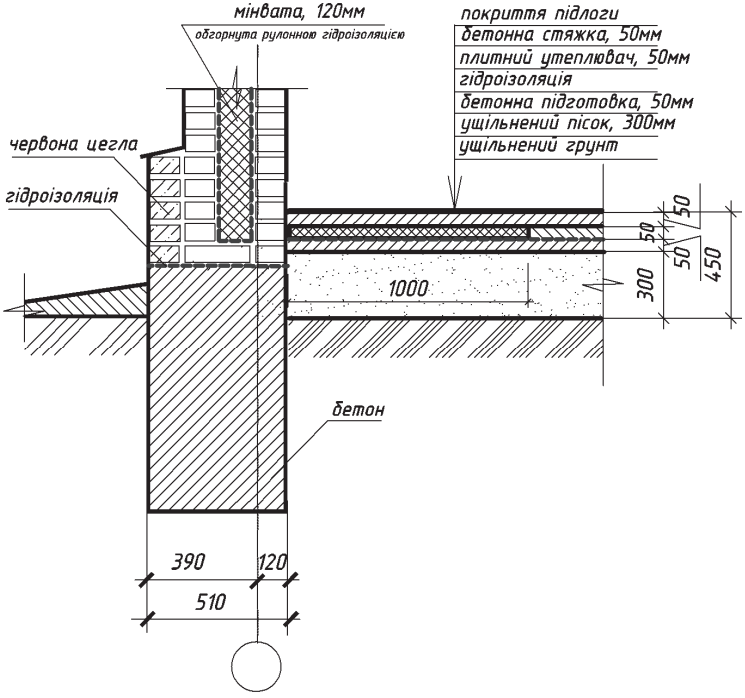


Рис. 15.3 Утеплення суцільної підлоги

Утеплення суцільним шаром під усією підлогою економічно не доцільно, так як основні тепловтрати підлогою відбуваються у пристінній смузі та куті дотикання підлоги і зовнішньої стіни. Матеріал, який можна використовувати в якості утеплювача, повинен мати високу міцність на стиск (300 кН/м^2), наприклад, екструдований пінополістирол

($\rho_0 = 50$ кг/м^3, $\lambda = 0{,}043$ Вт/К · м) або STROPROCK ($\lambda = 0{,}039$ Вт/К · м).

При влаштуванні дерев'яної підлоги використовують м'які мінераловатні плити з обов'язковим укладанням паро і гідроізоляції (рис. 15.4). При недостатньому утепленні пристінної зони підлоги можлива поява конденсату і, як наслідок, плісняви та промерзання. Тому при влаштуванні горизонтального утеплювача по внутрішньому поясу будівлі потрібно комбінувати його з вертикальним утепленням стіни та цоколю для уникнення появи "містків холоду".

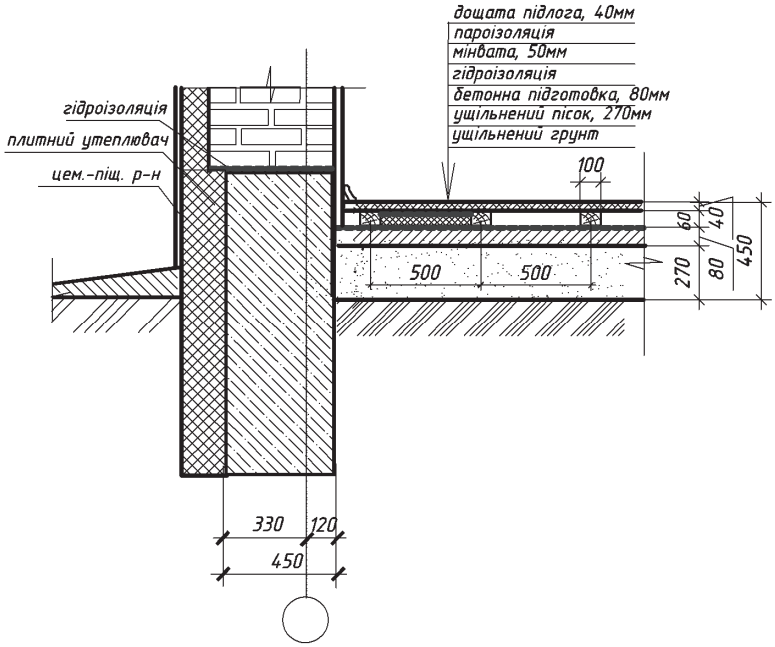


Рис. 15.4 Утеплення дерев'яної підлоги

Для зменшення тепловтрат підлогами над неопалюваними підвалами влаштовується суцільний горизонтальний шар утеплювача товщиною, яка розраховується за методикою розділу 5 (рис. 15.5). Утеплюючий шар (при неможливості укладання в конструкції підлоги) можна розмістити під несучою частиною перекриття з боку холодного підвалу на відповідному шарі клею.

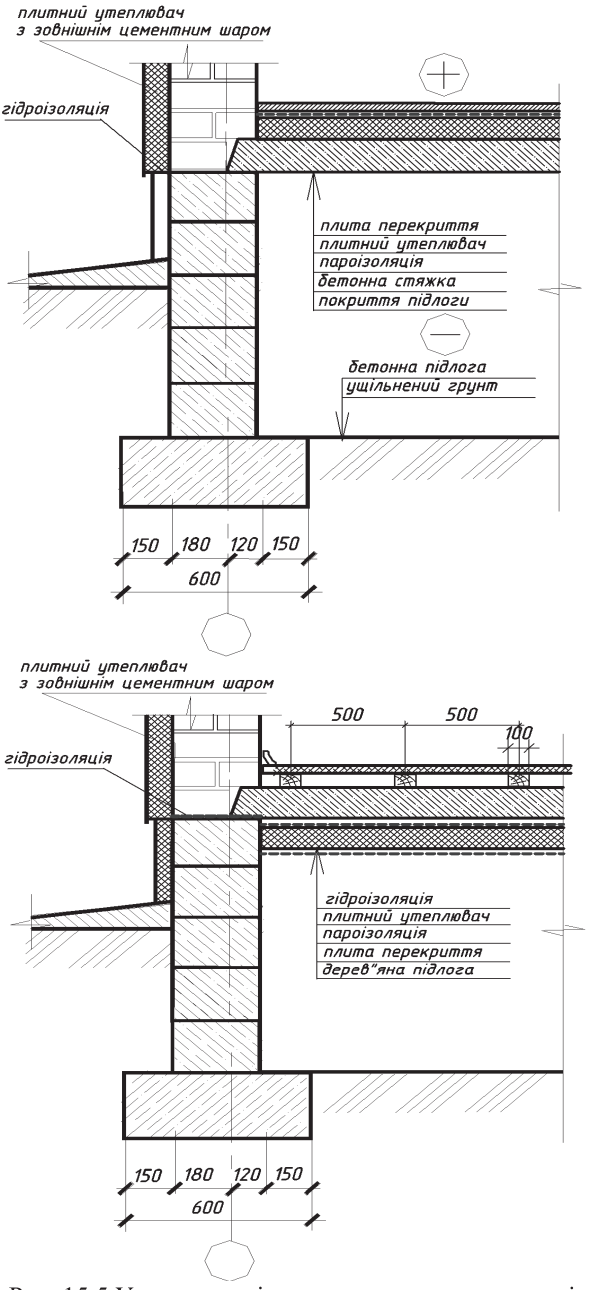


Рис. 15.5 Утеплення підлоги над неопалюваним підвалом

В 60-ті роки минулого століття Шаламовим М.П. [46] розроблені конструкції теплоізоляційного вимощення для захисту від промерзання ґрунту під фундаментною плитою промислових будівель. Натурні спостереження, проведені науковцем, показали, що завдяки впливу цього вимощення відбувається переміщення нульової ізотерми назовні від стіни, а ґрунт, який прилягає до фундаменту, захищається від промерзання.

Смірський Ю.М. в роботі [47] запропонував використовувати утеплене вимощення для зменшення тепловтрат підлогою, яка має за основу ґрунт. Науковцем розроблено утеплююче вимощення консольного типу, яке складається із залізобетонної Г-подібної плити, двох шарів мінераловатних плит та армованої стяжки. Товщина шару утеплювача визначається за формулами запропонованими залежно від кліматичних умов району будівництва.

Недоліки підвищення теплозахисту будівель методом утепленого вимощення (можливі механічні пошкодження, зволоження утеплювача та утворення тріщин в місцях прилягання до цоколю) визнані навіть їх авторами, але при правильній експлуатації це достатньо ефективний метод зменшення тепловтрат підлогою.

Конструкція утеплюючого вимощення, запропонованого в роботі [46], складається із залізобетонної плити ребрами вгору, насипних матеріалів у якості утеплювача, гідроізоляції та асфальтного шару. Товщина шару утеплювача прийнята за умов можливості випаровування накопиченої вологи протягом літнього періоду і складає 20-35 см. Ширина вимощення залежить від кліматичних умов місця будівництва і приймається 90-160 см. Утеплюючі вимощення розроблялись для промислових будівель, але в подальшому були рекомендовані для громадських будинків з фундаментами мілкого закладання.

У зв’язку з тим, що найбільші коливання температури відбуваються в пристінній зоні підлоги та цокольній частині будівлі, то для запобігання утворення конденсату в місцях дотикання підлоги і стіни треба передбачати теплоізоляцію також і цоколю (рис. 15.6).

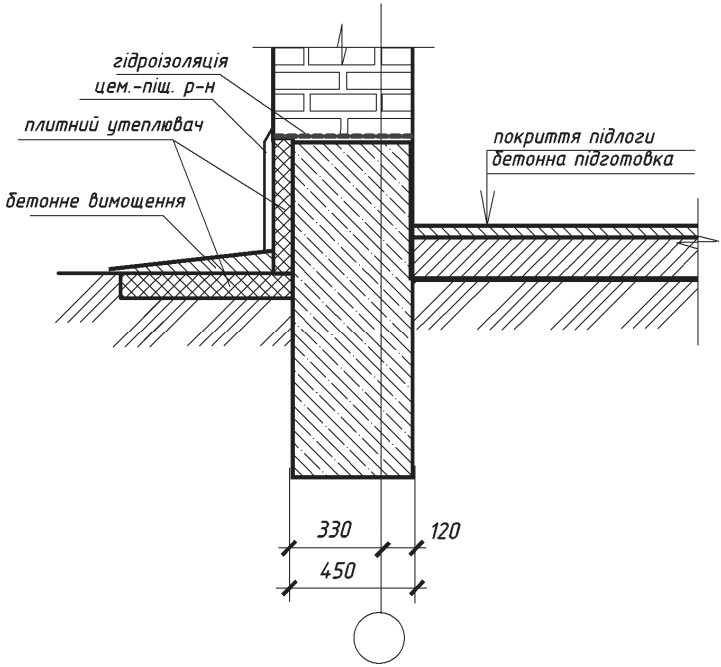


Рис. 15.6 Зниження тепловтрат підлогою завдяки утепленому вимощенню

15.2 Варіанти утеплення елементів даху

При впливі різних за величиною температур на поверхні покрівель необхідний і фактичний їх опір теплопередачі визначається за теплотехнічним розрахунком.

Вибір теплоізоляційного матеріалу здійснюють для наступних типів конструкцій покриття будівлі:

– перекриття холодних горищ;
– суміщених дахів.

Строк ефективної експлуатації теплоізоляційних виробів, що використовують для теплоізоляції покрівель повинен бути не менше ніж розрахунковий строк служби збірної конструктивної системи, але у всіх випадках не менше ніж 25 років.

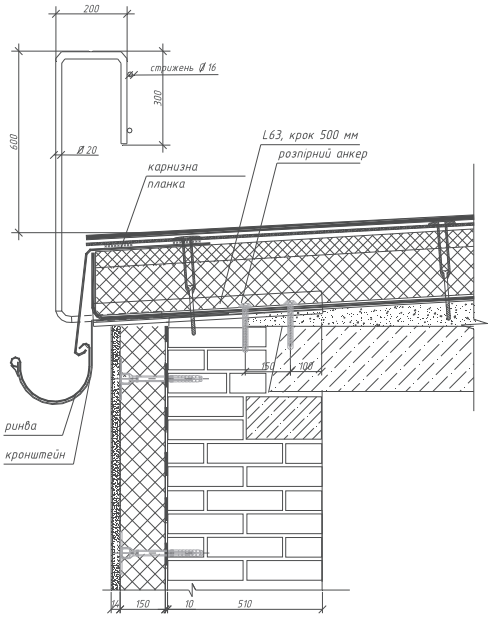


Рис. 15.7 Карниз суміщеного даху

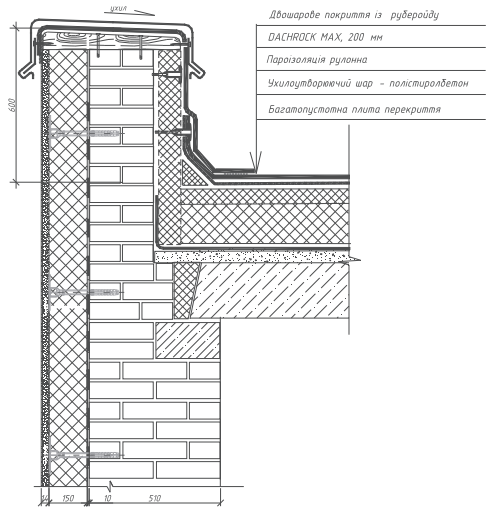


Рис. 15.8 Парапет суміщеного даху

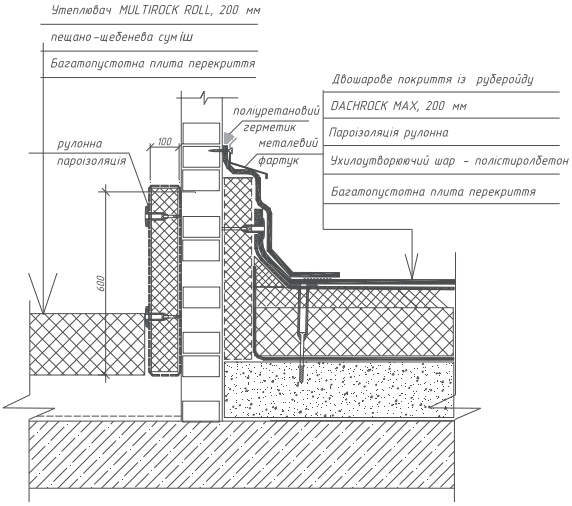


Рис. 15.9 Примикання суміщеного даху до надбудов (вихід на дах)

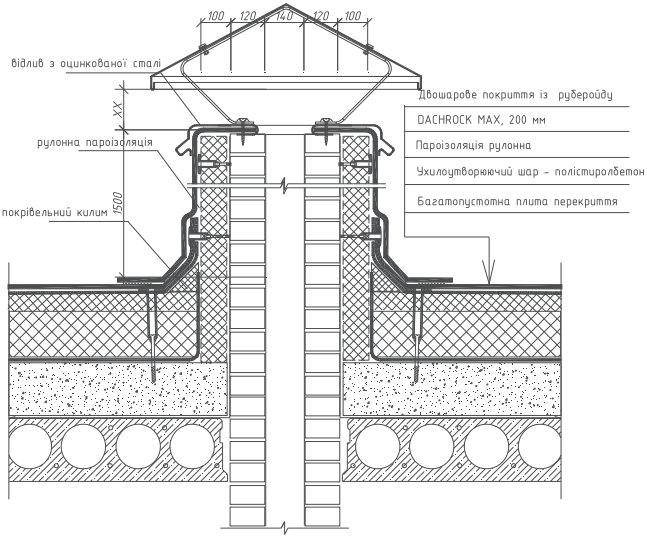


Рис. 15.10 Вентиляційний канал суміщеного даху

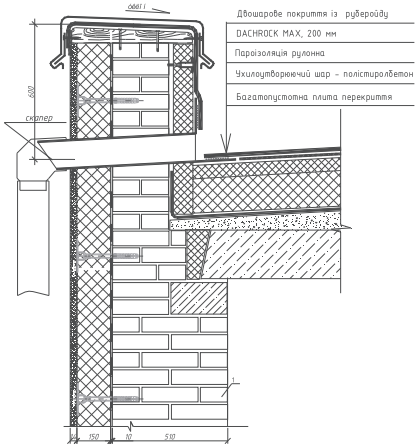


Рис. 15.11 Система організованого водовідведенні з суміщеного даху через парапет

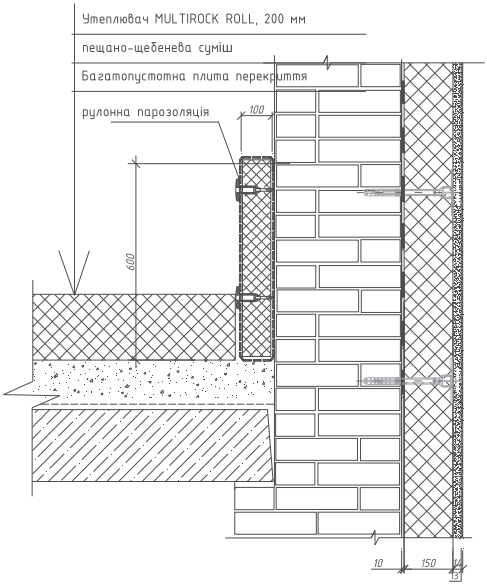


Рис. 15.12 Утеплення зовнішньої стіни холодного горища

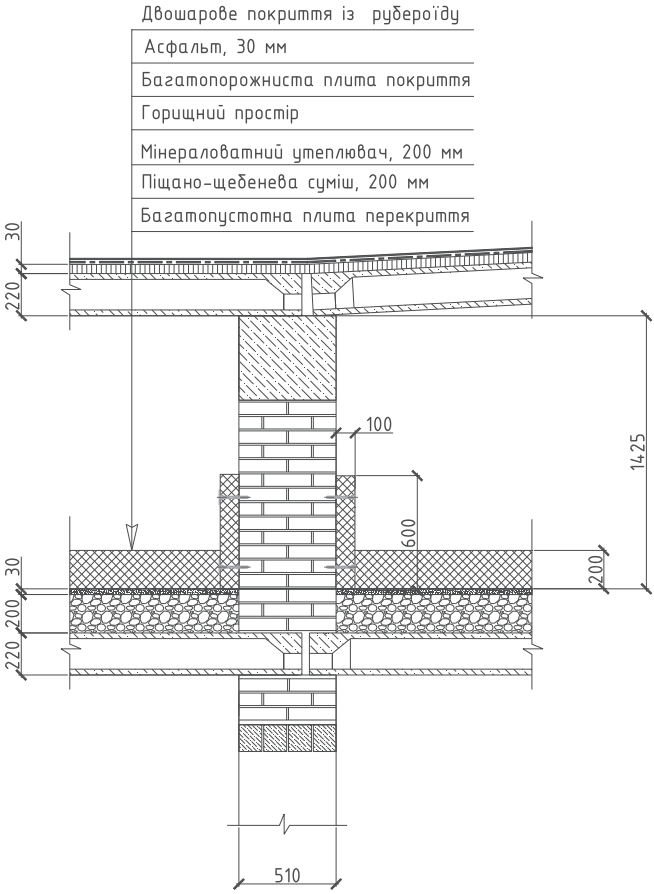


Рис. 15.12 Утеплення внутрішньої стіни холодного горища

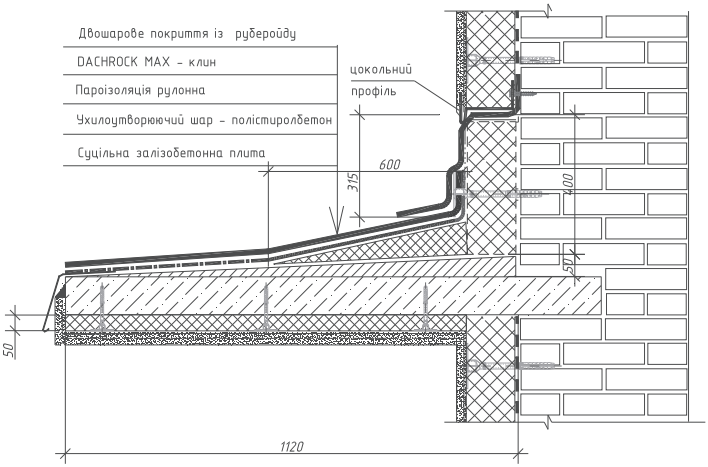


Рис. 15.13 Залізобетонний навіс над входом

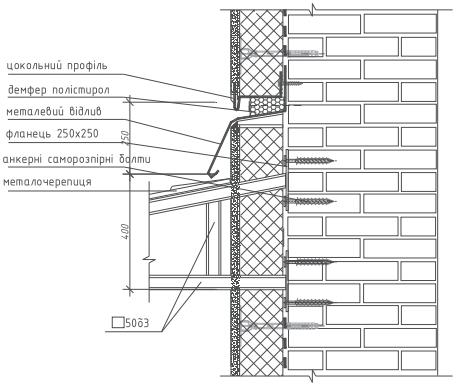


Рис. 15.14 Металевий навіс над входом

Питання для самоперевірки

1. Утеплення елементів даху.
2. Утеплення елементів карнизу.
3. Утеплення елементів навісу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): [учебник для вузов.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1982. – 415 с.: ил.

2. Гиндоян А. Г. Тепловой режим конструкций полов / А. Г. Гиндоян. – М.: Стройиздат, 1984. – 222 с.

3. Гусев Н.М. Основы строительной физики. М.: Высш. шк., 1975. – 511с.: ил.

4. ДБН В.1.1-7: 2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. - К.: Держбуд України, 2003. - 41 с.

5. ДБН В.1.2-11: 2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008.- 13с.

6. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – [Чинні від 2016-08-07]. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 30 с. (Національний стандарт України).

7. ДБН В.2.6-33: 2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 24 с.

8. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Проектування. Розділ "Енергоефективність" у складі проектної документації об'єктів. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 53 с.

9. ДСТУ Б В.2.2-19:2007 Будинки і споруди. Метод визначення повітропроникності огороджувальних конструкцій в натурних умовах. - К.: Мінрегіонбуд України, 2008. - 19 с.

10. ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99) Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі

11. ДСТУ Б В.2.6-18:2000 Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення повітро- та водопроникності.

12. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. - К. : Мінрегіонбуд України, 2009. - 13 с.

13. ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентильованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 29 с.

14. ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с.

15. ДСТУ Б В.2.6-37:2008 Конструкції будинків і споруд. Методи визначення показників повітропроникності огороджувальних конструкцій і їх елементів в лабораторних умовах. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 14 с.

16. ДСТУ Б В.2.6-100:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення теплостійкості огороджувальних конструкцій. - К. : Мінрегіонбуд України, 2010. - 24 с.

17. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 83 с.

18. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 51 с.

19. ДСТУ Б В.2.7-45:2010 Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Технічні умови. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 41 с.

20. ДСТУ Б В.2.7-56:2010 Будівельні матеріали. Вироби теплоізоляційні зі скляного штапельного волокна. Технічні умови. - К. : Мінрегіонбуд України, 2010. - 35 с.

21. ДСТУ Б В.2.7-150:2008 Будівельні матеріали. Пінополіуретани монтажні (монтажні піни). Загальні технічні умови. - К. : Мінрегіонбуд України, 209. - 14 с.

22. ДСТУ Б В.2.7-164:2008 Будівельні матеріали. Вироби з ніздрюватих бетонів теплоізоляційні. Технічні умови. - К. : Мінрегіонбуд України, 2009. - 12 с.

23. ДСТУ Б В.2.7-167:2008 Будівельні матеріали. Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому. Загальні технічні умови (EN 13162:2001, NEQ). - К. : Мінрегіонбуд України, 2009. - 25 с.

24. ДСТУ Б В.2.7-182:2009 Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах. - К. : Мінрегіонбуд України, 2010. - 18 с.

25. ДСТУ Б В.2.7-195:2009 Будівельні матеріали. Матеріали і вироби теплоізоляційні. Номенклатура показників. - К. : Мінрегіонбуд України, 2010. - 9 с.

26. ДСТУ Б В.2.7-280:2011 Вермикуліт спучений. Технічні умови (ГОСТ 12865-67, MOD). - К. : Мінрегіонбуд України, 2012. - 16 с.

27. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT). - К. : НДІБК, 2011. – 229 с.

28. ДСТУ Б EN 13163:2012 Матеріали будівельні теплоізоляційні. Вироби зі спіненого полістиролу (EPS). Технічні умови (EN 13163:2008, IDT). - К. : Мінрегіон України, 2013. - 63 с.

29. ДСТУ Б EN 13164:2013 Матеріали будівельні теплоізоляційні. Вироби із екструдованого пінополістиролу (XPC). Технічні умови (EN 13164:2008, IDT). - К. : Мінрегіон України, 2014. - 55 с.

30. ДСТУ ISO 10211-1:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 1. Загальні методи. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 38 с.

31. ДСТУ ISO 10211-2:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.

32. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. НАСТАНОВА З ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ БУДІВЕЛЬ.

33. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.

34. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування і улаштування вікон та дверей. - К.: Мінрегіонбуд України, 2010.– 70 с.

35. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки теплостійкості та теплозасвоєння огороджувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 6 с.

36. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огороджувальних конструкцій. - Київ : Мінрегіон України, 2014. - 10 с.

37. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огороджувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 37 с.

38. Лыков А.В. Теоретические основы строительной теплофизики / А. В. Лыков. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 519 с.

39. Маляренко В.А. Основы теплофизики зданий и энергосбережения. – Харьков : ХНАМГ, 2006

40. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк – К.: Гама-Принт. – 2009. – 216 с.

41. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин. – [изд. 4-е, перераб. и доп.]. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.

42. Шкловер А. М. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий / Шкловер А. М., Васильєв Б. Ф., Ушков Ф. В. – М.: Госиздат, 1956. – 349 с.

43. ISO/FDIS 10456:2007(E) Building materials and products — Hygrothermal properties — Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values

44. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 5.1. Руководство пользователя. Производственный кооператив ТОР. Санкт-Петербург, 2003. – 252 с.

45. Иван Гнип Теплопроводность пенополистирольных плит в завимсимости от увлажнения / Иван Гнип, Владисловас Кершулис, Сигитас Веялис

46. http://www.elibrary.lt/resursai/LMA/Energetika/E-67-1.pdf

47. Шаламов Н. П., Ильинский В.Г., Савельєв А.М. Влияние отмостки на тепловой режим фундаментов и оснований // Промышленное строительство. – 1966. – № 7. – С. 22-24.

48. Смирский Ю.Н. Влияние конструктивной структуры около фундаментной зоны на теплопотери через полы по грунту: Дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 “Строительные конструкции, здания и сооружения” / Ю. Н. Смирский. – Полтава, 1991. – 133 с.

49. Альбом технічних рішень системи теплоізоляції Ремтеко-Термомакс

http://www.thermomax.ru

50. Альбом технічних рішень ООО "Строй Групп"
http://str-grup.ru/

51. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплозасвоєння огороджувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 48 с.

52. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. - К.: Мінрегіон України, 2015.– 140 с.

53. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010. Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей. - К.: Мінрегіон України, 2011.– 90 с.

54. Руководство по теплотехническому расчету и проектированию ограждающих конструкций зданий/НИИСФ – М.: Стройиздат, 1985 – 141 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

РОЗРАХУНКОВІ ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Ч.ч.	Назва матеріалу	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації w, %		Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				
		густина ρ_0, кг/м^3	питома теплоємність c_0, кДж/(кг·К)	теплопровідність λ_0, Вт/(м·К)			теплопровідність $\lambda_р$, Вт/(м·К)		коефіцієнт теплозасвоєння s, Вт/(м^2·К)		коефіцієнт паропроникності μ, мг/(м·год·Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
1.1 Волокнисті матеріали											
1	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	30	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,050	0,29	0,31	0,55
		40	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,049	0,34	0,35	0,53
		50	0,84	0,038	0,5	1,0 '	0,044	0,048	0,37	0,39	0,52
		75	0,84	0,037	0,5	1,0	0,043	0,047	0,45	0,48	0,50
		100	0,84	0,038	0,5	1,0	0,044	0,048	0,53	0,56	0,47
		125	0,84	0,038	0,5	1,0	0,045	0,049	0,59	0,63	0,43
		150	0,84	0,039	0,5	1,0	0,048	0,050	0,67	0,69	0,38
		175	0,84	0,039	0,5	1,0	0,049	0,052	0,73	0,76	0,35
		200	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,053	0,79	0,83	0,31
		225	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,054	0,84	0,88	0,30
2	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна	10	0,84	0,044	1	3	0,055	0,057	0,19	0,20	0,70
		15	0,84	0,040	1	3	0,050	0,052	0,22	0,23	0,65
		20	0,84	0,037	1	3	0,047	0,050	0,25	0,27	0,60
		35	0,84	0,035	1	3	0,044	0,047	0,31	0,34	0,53
		70	0,84	0,032	1	3	0,042	0,045	0,43	0,47	0,45

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.2 Полімерні матеріали											
3	Вироби зі спіненого пінополістиролу	15	1,34	0,040	2	10	0,045	0,055	0,28	0,33	0,05
		25	1,34	0,038	2	10	0,043	0,053	0,34	0,40	0,05
		35	1,34	0,037	2	10	0,041	0,050	0,40	0,46	0,05
		50	1,34	0,034	2	10	0,040	0,045	0,46	0,53	0,05
4	Вироби із екструдованого пінополістиролу	30	1,45	0,034	0,5	1	0,035	0,036	0,34	0,34	0,008
		35	1,45	0,035	0,5	1	0,036	0,037	0,37	0,38	0,008
5	Вироби з жорсткого пінополіуретану	40	1,47	0,029	2	5	0,040	0,040	0,40	0,42	0,05
		60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
		80	1,47	0,041	2	5	0,050	0,050	0,67	0,70	0,05
6	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту	40	1,68	0,038	5	20	0,041	0,060	0,48	0,66	0,23
		50	1,68	0,041	5	20	0,050	0,064	0,59	0,77	0,23
		100	1,68	0,047	5	20	0,052	0,076	0,85	1,18	0,15
7	Вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної смоли	15	1,68	0,047	7	30	0,058	0,064	0,27	0,34	0,51
		25	1,68	0,043	7	30	0,063	0,074	0,36	0,47	0,42
		30	1,68	0,041	7	30	0,070	0,085	0,42	0,56	0,40
8	Вироби зі спіненого пінополіетилену	30	1,34	0,043	2	5	0,044	0,047	0,30	0,33	0,02
		50	1,34	0,039	2	5	0,042	0,045	0,38	0,41	0,02
9	Вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену	30	1,34	0,038	2	5	0,042	0,043	0,38	0,40	0,02
1.3 Вироби з природної органічної та неорганічної сировини											
10	Вироби перлітофосфогельові	200	1,05	0,064	3	12	0,070	0,090	1,10	1,43	0,23
		300	1,05	0,076	3	12	0,080	0,120	1,43	2,02	0,20
11	Блоки полістиролбетонні стінові	200	1,06	0,065	4	8	0,070	0,080	1,12	1,28	0,12
		300	1,06	0,085	4	8	0,090	0,110	1,55	1,83	0,10
		600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,200	3,07	3,49	0,068
12	Вироби теплоізоляційні перліто-цементні та перлітогіпсові	300	0,84	0,075	10	15	0,098	0,108	0,92	1,26	0,198
		450	0,84	0,086	10	15	0,118	0,202	1,89	2,63	0,18

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні	250	0,84	0,072	10	15	0,083	0,091	1,38	1,55	0,20
		300	0,84	0,082	10	15	0,098	0,110	1,64	1,85	0,15
		400	0,84	0,110	10	15	0,140	0,160	2,26	2,59	0,10
14	Целюлозний утеплювач	35	0,84	0,039	14	20	0,045	0,048	0,41	0,45	0,35
		50	0,84	0,039	14	21	0,048	0,052	0,50	0,57	0,34
		65	0,84	0,041	15	22	0,052	0,056	0,60	0,68	0,34
		100	0,84	0,056	16	24	0,066	0,070	0,85	0,97	0,33
15	Вироби цементополістирольні	250	0,84	0,066	4	8	0,09	0,1	1,29	1,45	0,1
		300	0,84	0,076	4	8	0,10	0,11	1,53	1,74	0,095
		400	0,84	0,096	4	8	0,12	0,15	2,02	2,33	0,08
		500	0,84	0,116	4	8	0,14	0,19	2,53	2,95	0,070
		550	0,84	0,126	4	8	0,15	0,21	2,78	3,28	0,068
16	Вироби перлітобітумні теплоізоляційні	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
		400	1,68	0,111	1	2	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
17	Піноскло	120	0,84	0,045	0,5	1	0,053	0,054	0,63	0,65	0,002
18	Блоки кремнезитоцементні	300	0,84	0,073	3	6	0,08	0,086	1,30	1,43	0,29
		400	0,84	0,083	3	6	0,09	0,096	1,59	1,75	0,23
		500	0,84	0,093	3	6	0,10	0,11	1,87	2,1	0,17
19	Вироби з арболіту на портландцементі	300	2,30	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,30
		400	2,30	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
		600	2,30	0,12	10	15	0,18	0,23	4,63	5,43	0,11
		800	2,30	0,16	10	15	0,24	0,3	6,17	7,16	0,11
20	Плити теплоізоляційні очеретян	200	2,30	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
		300	2,30	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
21	Плити деревноволокнисті та деревностружкові	200	2,30	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
		400	2,30	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
		600	2,30	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
		800	2,30	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
		1000	2,30	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.4 Бетони теплоізоляційні											
22	Бетони ніздрюваті	200	0,84	0,055	4	6	0,069	0,074	1,01	1,09	0,28
		250	0,84	0,065	4	6	0,078	0,088	1,20	1,32	0,28
		300	0,84	0,080	4	6	0,09	0,10	1,41	1,54	0,26
		350	0,84	0,090	4	6	0,10	0,12	1,60	1,83	0,24
23	Вермикулітобетон	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
		600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
		800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	0,12
1.5 Матеріали теплоізоляційні засипні											
24	Щебінь перлітовий	300	0,84	0,112	1	2	0,115	0,12	1,42	1,51	0,26
25	Гравій шлаковий	300	0,84	0,112	1	3	0,12	0,13	1,56	1,65	0,22
26	Щебінь шлаковий	350	0,84	0,162	1	3	0,17	0,19	2,00	2,16	0,21
27	Вермикулітова засипка	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
		150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26
		200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,105	1,01	1,16	0,23
		250	0,84	0,070	2	3	0,09	0,11	1,20	1,39	0,20
28	Гравій керамзитовий	200	0,84	0,009	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,27
		300	0,84	0,11	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
		400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,2	2,62	2,91	0,23
		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,6	0,21
29	Щебінь шлакопемзовий	400	0,84	0,12	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,26
		500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,25
		600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,70	2,98	0,24
		700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,23
		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,22
30	Крихта з піноскла	80	0,84	0,06	0,5	1,0	0,070	0,071	0,60	0,62	0,28
31	Пісок для будівельних робіт	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.6 Розчини теплоізоляційні											
32	Розчини цементно-перлітові	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
		800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
		1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,30	4,64	5,42	0,15
33	Розчини гіпсоперлітові	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
		500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
34	Розчини цементно-кремнезитові	200	0,84	0,063	4	8	0,072	0,08	1,03	1,17	0,35
		300	0,84	0,073	4	8	0,082	0,09	1,34	1,52	0,29
35	Розчини цементно-шлакові	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
		1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
36	Розчини цементно-пінополістирольні	600	0,84	0,10	4	10	0,12	0,17	2,33	3,06	0,07
37	Вироби на основі перліту	320	0,84	0,076	5	8,5	0,091	0,095	1,49	1,63	0,1
		330	0,84	0,080	7,5	11,5	0,096	0,104	1,63	1,82	0,09
		370	0,84	0,096	3,5	7,0	0,107	0,115	1,69	1,87	0,07
		450	0,84	0,106	6,5	11	0,13	0,14	2,14	2,44	0,07
2 КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
2.1 Бетони ніздрюваті											
38	Бетони ніздрюваті	300	0,84	0,080	4	6	0,09	0,10	1,41	1,54	0,26
		350	0,84	0,090	4	6	0,10	0,12	1,60	1,83	0,24
		400	0,84	0,10	4	6	0,11	0,13	1,84	2,1	0,23
		500	0,84	0,12	4	6	0,15	0,16	2,38	2,48	0,20
		600	0,84	0,14	4	6	0,16	0,18	2,65	2,9	0,17
		700	0,84	0,18	6	8	0,24	0,27	3,66	3,98	0,16
		800	0,84	0,21	6	8	0,27	0,30	4,16	4,51	0,14
		900	0,84	0,24	6	8	0,33	0,36	4,82	5,23	0,12
		1000	0,84	0,29	8	12	0,38	0,44	5,72	6,59	0,11
		1100	0,84	0,34	10	15	0,45	0,51	6,74	7,74	0,1
		1200	0,84	0,38	10	15	0,49	0,55	7,37	8,48	0,09

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39	Газо- та пінозолобетон	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,5	6,86	8,01	0,098
		1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
2.2 Бетони легкі											
40	Керамзитобетон на керамзитовому піску	600	0,84	0,16	5	10	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
		800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
		1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
		1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
		1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
		1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
		1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
41	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
		1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
		1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
42	Керамзитобетон на перлітовому піску	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
		1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
43	Керамзитошлакобетон	1000	0,84	0,25	4	8	0,33	0,41	5,06	5,91	0,15
44	Перлітобетон	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
		800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
		1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
		1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
45	Шлакопемзобетон	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
		1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
		1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
		1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
46	Бетон на доменних гранульованих шлаках	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
		1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
		1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
47	Бетон на зольному гравії	1000	0,84	0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
		1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
		1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
2.3 Вироби гіпсові											
48	Плити з гіпсу	1000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11
		1200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,7	0,1
49	Листи гіпсокартонні	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
2.4 Вироби бетонні											
50	Блоки кремнезитоцементні	700	0,84	0,2	4	8	0,21	0,23	3,28	3,63	0,19
		800	0,84	0,21	4	8	0,22	0,24	3,59	4,05	0,17
		1000	0,84	0,23	4	8	0,23	0,27	4,28	4,81	0,13
		1200	0,84	0,25	4	8	0,27	0,29	4,87	5,45	0,11
2.5 Деревина та вироби з неї											
51	Сосна та ялина поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
52	Сосна та ялина вздовж волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
53	Дуб поперек волокон	700	2,3	0,10	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
54	Дуб вздовж волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
55	Фанера клеєна	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
56	Картон облицювальний	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
57	Картон будівельний багатошаровий	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
2.6 Цегляна кладка з порожнистої цегли											
58	Керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м^3 (брутто) на цементно-піщаному розчині	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
59	Керамічної порожнистої густиною 1300 кг/м^3 (брутто) на цементно-піщаному розчині	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
60	Керамічної порожнистої густиною 1000 кг/м^3 (брутто) на цементно-піщаному розчині	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
2.7 Кладка з виробів бетонних											
61	З блоків керамзитошлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м^3 (брутто)	1350	0,88	0,31	1	2	0,37	0,43	5,06	5,91	0,15
62	З блоків керамзитошлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 850 кг/м^3 (брутто)	1400	0,88	0,34	1	2	0,46	0,51	5,95	6,41	0,15
63	З блоків кремнезитоцементних на вапняному розчині із сіопо-рового та кварцового піску	400	0,88	0,085	3	6	0,09	0,092	1,62	1,74	0,22
3 МАТЕРІАЛИ КОНСТРУКЦІЙНІ											
3.1 Бетони конструкційні											
64	Залізобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
65	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
3.2 Розчини будівельні											
66	Розчин вапняно-піщаний	1600	0,84	0,47	2	4	0,70	0,81	8,69	9,76	0,12
67	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,70	0,87	8,95	10,42	0,098
68	Розчин цементно-піщаний	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.3 Облицювання природним каменем та керамічною плиткою											
	Плити та вироби з природного каменю:										
69	граніт, гнейс та базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
70	мармур	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
71	вапняк	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
		1800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
		2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
72	туф	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
		1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
		1400	0,88	0.33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
		1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
		1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
		2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
73	Плити керамічні для підлоги	2000	0,88	0,89	3	5	0,96	1,1	11,63	12,55	0,06
3.4 Кладка цегляна з повнотілої цегли											
74	Керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,56	1	2	0,70	0,81	9,2	10,12	0,11
75	Керамічної звичайної на цементно-шлаковому розчині	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
76	Керамічної звичайної на цементно-перлітовому розчині	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,70	8,08	9,23	0,15
77	Силікатної на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,70	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
78	Трепельної на цементно-піщаному розчині	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
		1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
79	Шлакової на цементно-піщаному розчині	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,70	8,12	8,76	0,11

Кінець таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.5 Матеріали покрівельні, гідроізоляційні, пароізоляційні та покриття полімерні для підлог											
80	Листи азбестоцементні	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
		1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
81	Матеріали бітумні, бітумно-полімерні покрівельні та гідроізоляційні	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
		1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
		1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008
82	Асфальтобетон	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
83	Руберойд, пергамін	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	0,001
84	Мембрана ПВХ	1000	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,00011
85	Пароізоляційна плівка	1600	1,47	0,3	0	0	0,3	0,3	8,56	8,56	0
86	Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
		1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
87	Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
		1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
88	Лінолеум полівінілхлоридний багатошаровий та одношаровий без підоснови	800	1,47	0,17	0	0	0,17	0,17	3,32	3,32	0,002
		1200	1,47	0,21	0	0	0,21	0,21	4,51	4,51	0,02
3.6 Метали та скло											
89	Сталь арматурна	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
90	Чавун	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
91	Алюміній	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
92	Латунь, мідь	8500	042	407	0	0	407	407	326	326	0
93	Скло віконне	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0
Примітка. Для будівельних матеріалів, що не увійшли до таблиці, розрахункові значення теплофізичних характеристик необхідно визначати експериментально згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-182.											

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

ПРИВЕДЕНИЙ ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ СКЛОПАКЕТІВ

Кількість камер у склопакеті	Варіанти скління*	Газовий склад середовища камер склопакетів, %			Опір теплопередачі, $м^2$ К/Вт
		Повітря	Кріптон	Аргон	
1	2	3	4	5	6
1	$4M_1$-8-$4M_1$	100			0,28
1	$4M_1$-10-$4M_1$	100			0,29
1	$4M_1$-12-$4M_1$	100			0,30
1	$4M_1$-16-$4M^1$	100			0,32
1	$4M_1$-8-$4M_1$			100	0,30
1	$4M_1$-10-$4M_1$			100	0,31
1	$4M_1$-12-$4M_1$			100	0,32
1	$4M_1$-16-$4M_1$			100	0,34
1	$4M_1$-16-$4M_1$		100		0,38
1	$4M_1$-8-4К	100			0,47
1	$4M_1$-10-4К	100			0,49
1	$4M_1$-12-4К	100			0,51
1	$4M_1$-16-4К	100			0,53
1	$4M_1$-8-4К			100	0,53
1	$4M_1$-10-4К			100	0,55
1	$4M_1$-12-4К			100	0,57
1	$4M_1$-16-4К			100	0,59
1	$4M_1$-16-4К		100		0,62
1	4К-16-4К		100		0,67
1	$4M_1$-8-4i	100			0,51
1	$4M_1$-10-4i	100			0,53
1	$4M_1$-12-4i	100			0,56
1	4M1-16-4i	100			0,59
1	$4M_1$-8-4i			100	0,57
1	$4M_1$-10-4i			100	0,60
1	$4M_1$-12-4i			100	0,63
1	$4M_1$-16-4i			100	0,66
1	$4M_1$-16-4i		100		0,75
1	$4M_1$-16-4i		75	25	0,72
1	$4M_1$-16-4i		50	50	0,70
1	$4M_1$-16-4i		25	75	0,67
2	$4M_1$-6-$4M_1$-6-$4M_1$	100			0,42
2	$4M_1$-8-$4M_1$-8-$4M_1$	100			0,45
2	$4M_1$.10-$4M_1$-10-$4M_1$	100			0,47
2	$4M_1$-12-$4M_1$-12-$4M_1$	100			0,49
2	4M1-16-4M1-16-4M1	100			0,52
2	$4M_1$-6-$4M_1$-6-$4M_1$			100	0,44
2	$4M_1$-8-$4M_1$-8-$4M_1$			100	0,47
2	$4M_1$-8-$4M_1$-8-$4M_1$		100		0,51
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-$4M_1$			100	0,49

Продовження табл.Б.1

1	2	3	4	5	6
2	$4M_1$-12-$4M_1$-12-$4M_1$			100	0,52
2	$4M_1$-16-$4M_1$-16-$4M_1$			100	0,55
2	$4M_1$-6-$4M_1$-6-4K	100			0,53
2	$4M_1$-8-$4M_1$-8-4K	100			0,55
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4K	100			0,59
2	$4M_1$-12-$4M_1$-12-4K	100			0,61
2	$4M_1$-16-$4M_1$-16-4K	100			0,65
2	$4M_1$-6-$4M_1$-6-4K			100	0,60
2	$4M_1$-8-$4M_1$-8-4K			100	0,62
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4K			100	0,65
2	$4M_1$-12-$4M_1$-12-4K			100	0,68
2	$4M_1$-16-$4M_1$-16-4K			100	0,72
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4K		100		0,85
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4K		75	25	0,82
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4K		50	50	0,80
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4K		25	75	0,78
2	4K-10-$4M_1$-10-4K	100			0,73
2	$4M_1$-10-4K-10-4K		100		1,28
2	4K-10-$4M_1$-10-4K		100		1,32
2	$4M_1$-8-$4M_1$-8-4i	100			0,61
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4i	100			0,64
2	$4M_1$-12-$4M_1$-12-4i	100			0,68
2	$4M_1$-16-$4M_1$-16-4i	100			0,72
2	$4M_1$- 6-$4M_1$-6-4i			100	0,64
2	$4M_1$- 8-$4M_1$-8-4i			100	0,67
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4i			100	0,71
2	$4M_1$- 12- $4M_1$-12-4i			100	0,75
2	$4M_1$ -16-$4M_1$-16-4i			100	0,80
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4i		100		0,94
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4i		75	25	0,90
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4i		50	50	0,85
2	$4M_1$-10-$4M_1$-10-4i		25	75	0,78
2	4i-10-$4M_1$-10-4i	100			0,93
2	4i-10-$4M_1$-10-4i		100		1,35
2	4i-10-$4M_1$-10-4i		75	25	1,28
2	4i-10-$4M_1$-10-4i		50	50	1,18
2	4i-10-$4M_1$-10-4i		25	75	1,14

* Примітка. Порядок скління - від зовнішньої поверхні

Позначення скла: M_1 – листове стандартне, К - енергозберігаюче з твердим покриттям, і – енергозберігаюче з м'яким покриттям

ДОДАТОК В

Таблиця В1

Температура зовнішнього повітря (табл. 2 [33])

Область, місто	Середня місячна температура повітря середня добова амплітуда температури												Температура повітря, °С							Період із середньою добовою температурою повітря					
													Середня за рік	холодного періоду				теплого періоду		⩽ 8 °С		⩽ 10 °С		≥ 21 °С	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		найхолодніша доба забезпеченістю		найхолодніша п'ятиденка забезпеченістю		найжаркіша доба забезпеченістю 0,95	найжаркіша п'ятиденка забезпеченістю 0,99	тривалість, діб	середня температура,°С	тривалість, діб	середня температура,°С	тривалість, діб	середня температура,°С
														0,98	0,92	0,98	0,92								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Автономна Республіка Крим																									
Ай-Петрі	-3,4 / —	-3,3 / —	-0,7 / —	4,8 / —	9,6 / —	13,0 / —	15,5 / —	15,1 / —	11,0 / —	6,7 / —	2,5 / —	-1,6 / —	5,8	-24	-22	-20	-18	23	19	210	0,8	242	1,9	—	—
Клепиніне	-1,0 / —	-0,2 / —	3,4 / —	10,0 / —	15,7 / —	20,0 / —	22,7 / —	21,8 / —	16,7 / —	10,7 / —	5,7 / —	1,6 / —	10,6	-27	-25	-23	-21	29	26	157	2,2	177	3,1	70	22,3
Сімферополь	-0,3 / 7,1	0,4 / 7,3	3,7 / 9,0	10,1 / 10,8	15,1 / 11,3	19,2 / 11,4	21,8 / 11,3	21,3 / 11,9	16,7 / 11,3	11,0 / 9,9	6,1 / 7,8	2,1 / 6,5	10,6	-22	-20	-18	-15	28	25	154	2,6	175	3,5	61	21,8
Феодосія	1,2 / —	1,6 / —	4,6 / —	10,6 / —	16,1 / —	20,8 / —	23,2 / —	23,1 / —	18,4 / —	12,6 / —	7,6 / —	3,8 / —	12,0	-22	-19	-17	-15	30	26	142	3,6	163	4,3	83	23,3
Ялта	4,1 / —	4,2 / —	6,0 / —	10,6 / —	15,7 / —	19,8 / —	23,6 / —	23,2 / —	19,0 / —	13,6 / —	9,5 / —	6,1 / —	13,0	-10	-8	-7	-6	31	26	126	5,3	152	6,1	83	23,0
Вінницька область																									
Вінниця	-5,1 / 6,2	-3,8 / 6,1	0,5 / 7,1	8,1 / 9,7	14,2 / 11,2	17,2 / 10,9	18,7 / 10,8	18,0 / 11,2	13,3 / 10,6	7,6 / 8,7	1,8 / 5,5	-2,9 / 5,0	7,3	-29	-26	-25	-21	27	23	182	-0,2	202	0,6	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Волинська область																									
Ковель	-3,9 / —	-2,7 / —	1,3 / —	8,1 / —	13,9 / —	16,9 / —	18,2 / —	17,6 / —	13,0 / —	7,9 / —	2,5 / —	-1,9 / —	7,6	-28	-25	-23	-21	27	23	177	0,4	199	1,2	—	—
Луцьк	-4,2 / 5,8	-3,0 / 6,0	1,1 / 7,2	8,1 / 9,5	13,9 / 10,7	16,9 / 10,6	18,4 / 10,6	17,7 / 10,9	13,2 / 9,9	7,9 / 8,3	2,4 / 5,2	-2,4 / 4,9	7,5	-27	-24	-22	-20	27	23	180	0,3	201	1,1	—	—
Дніпропетровська область																									
Дніпропетровськ	-4,7 / 6,0	-3,8 / 5,9	1,1 / 7,0	9,6 / 9,9	16,0 / 11,0	19,6 / 10,8	21,6 / 10,6	20,7 / 11,2	15,4 / 10,7	8,6 / 8,8	2,2 / 5,6	-2,5 / 5,0	8,7	-29	-27	-26	-24	30	26	172	-0,2	188	0,6	57	21,6
Комісарівка	-4,9 / —	-3,8 / —	1,0 / —	9,3 / —	15,5 / —	19,0 / —	20,9 / —	20,0 / —	14,7 / —	8,2 / —	2,2 / —	-2,4 / —	8,3	-27	-25	-22	-20	29	25	175	-0,2	192	0,6	43	21,0
Кривий Ріг	-4,3 / —	-3,3 / —	1,6 / —	9,6 / —	15,8 / —	19,4 / —	21,5 / —	20,7 / —	15,5 / —	8,9 / —	2,7 / —	-2,0 / —	8,8	-26	-23	-18	-17	30	25	171	0,2	188	1,0	55	21,5
Донецька область																									
Донецьк	-5,2 / 6,3	-4,4 / 6,2	0,7 / 7,0	9,4 / 9,9	15,4 / 10,5	19,0 / 11,1	21,2 / 11,2	19,8 / 11,5	14,9 / 10,7	8,0 / 8,8	1,8 / 5,7	-2,9 / 5,2	8,1	-29	-27	-24	-22	30	26	176	-0,5	192	0,3	47	21,3
Житомирська область																									
Житомир	-5,1 / 6,4	-4,0 / 6,4	0,4 / 7,1	7,9 / 9,5	14,0 / 11,0	17,1 / 10,7	18,5 / 10,4	17,7 / 10,9	13,0 / 10,3	7,4 / 8,5	1,7 / 5,5	-2,8 / 5,2	7,2	-29	-25	-24	-22	27	23	184	-0,2	203	0,5	—	—
Овруч	-5,1 / —	-4,1 / —	0,3 / —	7,9 / —	14,1 / —	17,1 / —	18,5 / —	17,6 / —	12,8 / —	7,1 / —	1,5 / —	-3,1 / —	7,1	-29	-26	-23	-21	27	22	186	-0,3	205	0,4	—	—
Закарпатська область																									
Берегово	-2,7 / —	0,1 / —	5,0 / —	10,9 / —	15,9 / —	18,7 / —	20,2 / —	19,6 / —	15,7 / —	10,3 / —	4,8 / —	-0,2 / —	9,9	-22	-18	-18	-15	—	—	152	2,1	168	2,8	—	—
Міжгір'я	-5,0 / —	-2,6 / —	1,4 / —	7,2 / —	12,3 / —	15,0 / —	16,4 / —	15,8 / —	12,3 / —	7,4 / —	2,5 / —	2,4 / —	6,7	-22	-21	-17	-15	—	—	178	0,9	186	1,2	—	—
Плай	-6,3 / —	-6,0 / —	-2,9 / —	1,9 / —	7,6 / —	9,9 / —	11,4 / —	11,5 / —	7,7 / —	3,6 / —	-1,4 / —	-5,1 / —	2,7	-26	-24	-22	-20	20	15	245	-1,1	290	0,6	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Рахів	-4,3 / —	-1,7 / —	2,3 / —	8,0 / —	13,0 / —	15,6 / —	17,0 / —	16,4 / —	12,9 / —	7,8 / —	2,8 / —	-1,8 / —	7,3	-23	-20	-18	-15	—	—	175	1,0	188	1,4	—	—
Ужгород	-2,4 / 6,6	-0,2 / 7,3	4,7 / 8,9	10,8 / 10,5	15,8 / 11,1	18,7 / 10,9	20,3 / 11,3	19,8 / 11,4	15,5 / 10,8	10,2 / 9,8	4,7 / 6,5	-0,5 / 5,6	9,8	-25	-23	-21	-18	30	27	154	1,4	175	2,5	28	20,7
Хуст	-4,3 / 6,6	-1,3 / 7,3	3,8 / 8,9	10,1 / 10,5	15,1 / 11,1	17,8 / 10,9	19,2 / 11,3	18,5 / 11,4	14,5 / 10,8	8,9 / 9,8	3,7 / 6,5	-1,3 / 5,6	8,7	-27	-22	-20	-16	—	—	165	1,7	177	2,1	—	—
Запорізька область																									
Гуляйполе	-4,1 / —	-3,4 / —	1,5 / —	9,6 / —	15,5 / —	19,4 / —	21,6 / —	20,5 / —	15,1 / —	8,4 / —	2,5 / —	-1,9 / —	8,7	-28	-25	-23	-21	30	26	173	0,3	189	0,9	55	21,4
Запоріжжя	-3,5 / 5,9	-2,6 / 6,0	2,0 / 7,2	10,1 / 9,8	16,4 / 10,6	20,2 / 10,7	22,4 / 10,9	21,4 / 11,3	16,2 / 10,5	9,6 / 8,6	3,5 / 5,6	-1,1 / 5,0	9,6	-27	-24	-23	-21	30	26	166	0,6	182	1,4	69	22,0
Кирилівка	-4,4 / —	-3,8 / —	1,0 / —	9,1 / —	15,0 / —	18,8 / —	20,6 / —	20,1 / —	14,9 / —	8,1 / —	2,3 / —	-2,2 / —	8,3	-28	-25	-23	-22	29	26	175	-0,1	192	0,7	45	21,1
Івано-Франківська область																									
Івано-Франківськ	-4,3 / 7,8	-2,6 / 7,7	1,7 / 8,8	8,1 / 10,8	13,6 / 11,4	16,7 / 11,0	18,3 / 11,0	17,7 / 11,4	13,4 / 11,2	8,0 / 10,4	2,5 / 7,2	-2,4 / 6,7	7,6	-26	-24	-22	-20	27	22	179	0,4	200	1,2	—	—
Пожежевська	-6,2 / —	-6,0 / —	-3,3 / —	1,8 / —	7,2 / —	10,1 / —	11,7 / —	11,8 / —	8,0 / —	4,1 / —	-0,7 / —	-4,9 / —	2,8	-26	-24	-22	-20	20	15	250	-0,9	284	0,5	—	—
Кіровоградська область																									
Гайворон	-4,3 / —	-3,0 / —	1,6 / —	9,4 / —	15,3 / —	18,4 / —	20,0 / —	19,2 / —	14,4 / —	8,4 / —	2,7 / —	-1,9 / —	8,4	-29	-26	-25	-22	28	24	174	0,3	191	1,1	14	20,5
Знам'янка	-5,3 / —	-4,2 / —	0,7 / —	8,8 / —	15,1 / —	18,5 / —	20,3 / —	19,5 / —	14,4 / —	7,9 / —	2,0 / —	-2,8 / —	7,9	-29	-27	-25	-22	29	24	178	-0,4	194	0,4	26	20,7
Кіровоград	-4,9 / 6,4	-3,9 / 6,2	0,8 / 7,4	9,1 / 10,7	15,2 / 11,9	18,6 / 11,6	20,4 / 11,6	19,7 / 12,1	14,7 / 11,6	8,2 / 9,7	2,1 / 6,0	-2,6 / 5,4	8,1	-30	-26	-25	-22	29	25	175	-0,3	192	0,5	32	20,8
Київська область																									
Київ	-4,7 / 5,5	-3,6 / 5,7	1,0 / 6,6	9,0 / 8,8	15,2 / 9,8	18,3 / 9,6	19,8 / 9,4	19,0 / 9,6	13,9 / 9,1	8,1 / 7,5	1,9 / 4,7	-2,5 / 4,7	8,0	-29	-26	-25	-22	28	23	176	-0,1	195	0,7	—	—
Миронівка	-5,0 / —	-4,4 / —	0,8 / —	8,8 / —	15,0 / —	18,0 / —	19,8 / —	19,0 / —	14,1 / —	8,0 / —	1,8 / —	-2,7 / —	7,8	-29	-26	-25	-22	28	23	178	-0,3	195	0,4	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Луганська область																									
Луганськ	-5,0 / 7,3	-4,2 / 7,2	1,1 / 7,9	10,1 / 11,4	16,1 / 13,1	19,9 / 13,0	22,0 / 13,2	20,7 / 13,6	15,1 / 13,0	8,2 / 10,2	2,2 / 6,3	-2,5 / 5,7	8,6	-32	-29	-27	-25	30	26	172	-0,4	188	0,4	61	21,7
Львівська область																									
Львів	-4,0 / 6,3	-2,7 / 6,4	1,4 / 7,6	7,9 / 9,5	13,4 / 10,2	16,3 / 10,0	17,7 / 10,2	17,2 / 10,4	13,0 / 9,6	8,0 / 8,6	2,5 / 5,8	-2,2 / 5,4	7,4	-25	-24	-20	-19	27	23	179	0,4	201	1,2	—	—
Миколаївська область																									
Миколаїв	-2,6 / 6,0	-1,6 / 6,0	2,8 / 7,4	10,2 / 9,7	16,4 / 10,8	20,3 / 10,9	22,7 / 11,1	22,0 / 11,5	16,8 / 10,7	10,4 / 9,1	4,2 / 6,1	-0,4 / 5,3	10,1	-26	-23	-22	-20	30	25	161	1,1	178	2,0	75	22,3
Одеська область																									
Ізмаїл	-1,3 / —	0,2 / —	4,3 / —	10,6 / —	16,3 / —	20,3 / —	22,3 / —	21,7 / —	17,0 / —	11,2 / —	5,7 / —	0,7 / —	10,8	-22	-19	-17	-15	30	26	151	2,0	172	3,0	73	22,0
Любашівка	-4,3 / —	-3,0 / —	1,5 / —	9,3 / —	15,3 / —	18,6 / —	20,5 / —	19,9 / —	15,1 / —	8,9 / —	2,8 / —	-1,9 / —	8,6	-27	-24	-21	-19	29	24	172	0,3	189	1,0	37	20,9
Одеса	-1,3 / 5,3	-0,6 / 5,0	2,9 / 5,3	9,2 / 6,4	15,3 / 6,9	19,6 / 7,5	22,0 / 8,0	21,6 / 8,1	17,0 / 7,8	11,3 / 6,5	5,8 / 5,4	1,1 / 5,1	10,3	-24	-21	-20	-18	29	25	158	2,0	178	3,0	65	21,9
Роздільна	-3,1 / —	-1,9 / —	2,5 / —	9,8 / —	15,8 / —	19,4 / —	21,5 / —	21,0 / —	16,1 / —	9,9 / —	3,9 / —	-0,9 / —	9,5	-25	-22	-20	-17	30	26	164	0,9	182	1,8	59	21,6
Сарата	-1,8 / —	-0,5 / —	3,6 / —	10,0 / —	16,0 / —	20,0 / —	22,1 / —	21,3 / —	16,4 / —	10,5 / —	5,1 / —	0,2 / —	10,2	-25	-22	-22	-20	30	25	158	1,7	178	2,7	66	21,9
Полтавська область																									
Лубни	-5,4 / —	-4,6 / —	0,3 / —	8,6 / —	15,3 / —	18,5 / —	20,2 / —	19,1 / —	13,7 / —	7,6 / —	1,3 / —	-3,3 / —	7,6	-29	-26	-25	-23	28	25	180	-0,7	197	0,1	16	20,5
Полтава	-5,6 / 5,9	-4,7 / 6,0	0,3 / 6,6	9,0 / 9,3	15,4 / 10,8	18,7 / 10,7	20,5 / 10,6	19,7 / 11,1	14,3 / 10,2	7,7 / 8,2	1,3 / 5,2	-3,4 / 4,9	7,8	-30	-27	-25	-23	29	25	178	-0,8	195	0,0	31	20,8
Рівненська область																									
Рівне	-4,6 / 5,9	-3,4 / 6,1	0,7 / 7,1	8,0 / 9,6	13,8 / 10,9	16,7 / 10,4	18,2 / 10,5	17,5 / 10,8	13,1 / 9,9	7,7 / 8,3	2,1 / 5,1	-2,6 / 5,0	7,3	-27	-25	-22	-21	27	23	182	0,1	202	0,8	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Сарни	-4,5 / —	-3,4 / —	0,9 / —	8,2 / —	14,1 / —	17,1 / —	18,6 / —	17,7 / —	13,0 / —	7,7 / —	2,1 / —	-2,4 / —	7,4	-27	-25	-23	-21	27	23	181	0,1	201	0,9	—	—
Сумська область																									
Ромни	-6,2 / —	-5,4 / —	-0,4 / —	8,2 / —	14,6 / —	18,0 / —	19,4 / —	18,4 / —	13,1 / —	6,8 / —	0,7 / —	-4,0 / —	6,9	-29	-26	-25	-23	28	23	185	-1,1	202	-0,4	—	—
Суми	-6,6 / 6,4	-5,8 / 6,6	-0,8 / 7,0	8,1 / 9,8	14,6 / 11,6	17,9 / 11,4	19,5 / 11,0	18,4 / 11,5	13,0 / 10,6	6,7 / 8,3	0,4 / 5,2	-4,3 / 5,3	6,8	-30	-29	-27	-25	28	24	187	-1,4	204	-0,6	—	—
Тернопільська область																									
Тернопіль	-5,0 / 6,3	-3,7 / 6,3	0,4 / 7,4	7,6 / 9,9	13,5 / 10,9	16,4 / 10,5	17,8 / 10,5	17,2 / 10,9	12,8 / 10,3	7,5 / 9,1	1,8 / 5,5	-3,1 / 5,4	6,9	-26	-24	-22	-20	26	22	184	-0,2	205	0,6	—	—
Харківська область																									
Лозова	-5,6 / —	-4,8 / —	0,3 / —	9,2 / —	15,7 / —	19,2 / —	21,1 / —	20,1 / —	14,6 / —	7,8 / —	1,4 / —	-3,3 / —	8,0	-30	-27	-26	-22	29	25	178	-0,8	194	0,0	46	21,1
Харків	-5,9 / 5,9	-5,1 / 6,0	0,0 / 6,5	9,0 / 9,5	15,5 / 10,8	18,9 / 10,4	20,7 / 10,4	19,7 / 10,6	14,1 / 9,9	7,5 / 8,1	1,0 / 5,1	-3,7 / 5,0	7,6	-31	-28	-26	-23	29	25	179	-1,0	196	-0,2	37	20,9
Херсонська область																									
Асканія-Нова	-2,5 / —	-1,7 / —	2,6 / —	9,6 / —	15,6 / —	20,0 / —	22,5 / —	21,8 / —	16,5 / —	9,9 / —	4,2 / —	0,0 / —	9,9	-26	-24	-23	-20	30	26	165	1,3	183	2,1	71	22,3
Генічеськ	-1,8 / —	-1,3 / —	2,4 / —	9,5 / —	16,1 / —	20,6 / —	23,1 / —	22,4 / —	17,5 / —	11,0 / —	6,2 / —	0,7 / —	10,5	-27	-24	-23	-19	30	26	160	1,5	178	2,6	84	23,1
Херсон	-2,5 / 6,3	-1,6 / 6,2	2,8 / 7,9	10,1 / 10,6	16,1 / 11,6	20,0 / 11,8	22,4 / 11,9	21,6 / 12,5	16,5 / 11,7	10,1 / 9,9	4,3 / 6,6	-0,2 / 5,7	10,0	-27	-23	-23	-19	30	26	163	1,3	181	2,2	69	22,1
Хмельницька область																									
Хмельницький	-4,9 / 6,1	-3,6 / 6,1	0,6 / 7,2	7,9 / 9,9	13,9 / 11,0	16,8 / 10,4	18,4 / 10,6	17,7 / 11,1	13,1 / 10,6	7,6 / 8,9	1,9 / 5,5	-2,9 / 5,1	7,2	-26	-25	-22	-21	27	22	183	-0,1	203	0,7	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Черкаська область																									
Золотоноша	-4,9 / —	-4,0 / —	0,9 / —	9,1 / —	15,4 / —	18,6 / —	20,2 / —	19,1 / —	14,0 / —	7,8 / —	1,9 / —	-2,7 / —	8,0	-29	-26	-24	-21	29	24	177	-0,3	195	0,5	14	20,5
Умань	-4,8 / —	-3,7 / —	0,9 / —	8,7 / —	14,6 / —	17,8 / —	19,4 / —	18,6 / —	13,6 / —	7,7 / —	2,0 / —	-2,5 / —	7,7	-29	-25	-24	-20	28	23	179	-0,1	197	0,7	—	—
Черкаси	-5,0 / 6,4	-4,0 / 6,3	0,7 / 7,2	8,9 / 10,0	15,2 / 11,4	18,4 / 11,4	20,1 / 11,3	19,3 / 11,6	14,2 / 11,3	7,9 / 9,3	2,0 / 5,7	-2,7 / 5,4	7,9	-29	-26	-24	-21	28	24	178	-0,3	195	0,5	18	20,6
Чернівецька область																									
Чернівці	-4,1 / 6,2	-2,4 / 6,2	2,0 / 7,7	8,9 / 10,0	14,5 / 10,4	17,6 / 10,1	19,1 / 10,0	18,4 / 10,5	14,1 / 10,4	8,7 / 9,4	2,7 / 6,3	-2,1 / 5,7	8,1	-26	-24	-22	-20	27	24	175	0,5	196	1,4	—	—
Чернігівська область																									
Семенівка	-6,7 / —	-5,8 / —	-1,0 / —	7,3 / —	13,7 / —	17,0 / —	18,5 / —	17,4 / —	12,2 / —	6,2 / —	0,2 / —	-4,0 / —	6,3	-32	-29	-28	-24	27	22	192	-1,3	212	-0,4	—	—
Чернігів	-5,9 / 6,6	-4,9 / 7,0	-0,1 / 7,4	8,0 / 9,8	14,4 / 11,5	17,6 / 11,4	19,2 / 11,0	18,1 / 11,5	12,9 / 10,9	6,9 / 8,9	1,0 / 5,3	-3,5 / 5,3	7,0	-31	-28	-27	-23	27	23	187	-0,9	204	-0,2	—	—

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІТРУ В ЛИПНІ ([33], табл. 6)

Область, місто	Повторюваність напряму вітру, % / Середня швидкість вітру, м/с								Повторюваність штилю, %
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
Автономна Республіка Крим									
Ай-Петрі	9,6 / 3,6	12,2 / 1,2	18,2 / 2,7	11,6 / 2,4	2,2 / 1,6	1,9 / 2,1	8,3 / 4,1	36,0 / 6,1	6,9
Клепиніне	13,0 / 2,4	15,9 / 3,0	11,1 / 3,2	5,0 / 2,1	8,5 / 1,9	15,3 / 2,4	15,3 / 2,7	15,9 / 2,7	9,9
Сімферополь	8,3 / 3,8	20,6 / 4,7	15,6 / 3,6	9,0 / 3,1	12,5 / 3,2	12,2 / 4,1	17,2 / 4,8	4,6 / 3,7	2,0
Ялта	8,7 / 2,1	10,1 / 2,4	17,2 / 2,0	11,5 / 1,6	8,4 / 1,7	6,9 / 1,5	24,3 / 1,3	12,9 / 1,6	5,1
Вінницька область									
Вінниця	15,5 / 3,7	8,2 / 3,1	8,9 / 2,9	7,4 / 3,1	8,3 / 3,2	8,7 / 2,9	19,9 / 3,4	23,1 / 3,9	14,8
Волинська область									
Луцьк	12,6 / 3,7	7,9 / 3,2	8,3 / 3,4	9,0 / 3,3	8,7 / 3,3	9,6 / 3,5	24,1 / 3,9	19,8 / 4,0	10,2
Дніпропетровська область									
Дніпропетровськ	28,4 / 4,4	16,1 / 4,6	10,3 / 4,6	5,3 / 4,1	5,3 / 3,7	6,8 / 3,9	15,5 / 4,2	12,3 / 4,7	15,9
Донецька область									
Дебальцеве	11,1 / 2,8	17,3 / 3,1	16,9 / 3,4	8,4 / 3,5	9,1 / 3,0	9,3 / 3,1	15,9 / 3,3	12,0 / 3,2	18,1
Донецьк	13,6 / 3,8	18,9 / 3,8	15,5 / 4,4	10,1 / 4,1	8,1 / 3,6	9,3 / 3,5	14,1 / 4,3	10,4 / 4,1	19,2
Житомирська область									
Житомир	13,0 / 3,3	7,4 / 3,0	6,3 / 2,7	7,0 / 3,1	8,4 / 3,8	7,4 / 3,3	20,6 / 3,9	29,9 / 3,8	10,4
Закарпатська область									
Плай	10,4 / 5,0	20,0 / 5,0	8,0 / 3,8	3,3 / 4,8	6,8 / 5,2	31,4 / 5,1	9,2 / 4,5	10,9 / 4,2	10,2
Ужгород	16,4 / 3,4	9,1 / 2,8	17,5 / 2,6	15,6 / 2,8	9,8 / 2,7	5,8 / 2,5	9,4 / 2,5	16,4 / 3,2	21,5

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Запорізька область									
Запоріжжя	21,8 1,8	14,5 1,6	10,7 1,8	7,3 1,8	6,1 1,4	7,4 1,6	14,1 1,8	18,1 1,9	22,1
Кирилівка	24,4 3,2	12,3 3,0	10,1 3,1	6,9 3,5	11,9 3,3	8,7 3,3	12,1 3,5	13,6 3,9	17,4
Івано-Франківська область									
Івано-Франківськ	8,4 3,5	4,1 2,8	9,7 3,1	7,6 3,3	4,0 2,9	10,5 3,0	29,1 3,8	26,6 4,3	29,7
Пожежевська	2,7 2,7	5,1 2,3	6,3 3,3	5,0 3,5	4,0 4,3	54,8 5,7	13,0 5,1	9,1 4,0	40,3
Кіровоградська область									
Кіровоград	20,2 3,9	9,4 3,8	8,6 3,7	7,3 3,4	9,1 3,9	5,0 4,0	15,7 3,8	24,7 3,6	15,4
Київська область									
Київ	18,0 2,7	9,1 2,1	4,8 1,6	8,0 1,8	11,3 2,1	10,4 2,3	20,4 2,1	18,0 2,4	9,2
Луганська область									
Дар'ївка	23,6 1,9	16,6 2,1	11,0 3,0	7,7 3,5	9,6 3,4	11,3 2,8	8,0 2,2	12,2 2,2	20,8
Луганськ	7,9 2,1	9,9 2,3	20,3 2,6	7,2 2,3	7,5 2,4	8,6 2,3	23,9 2,1	14,7 2,2	20,8
Львівська область									
Львів	13,8 3,8	7,8 3,2	6,9 3,7	10,6 3,4	6,6 3,6	8,8 3,4	28,9 4,2	16,6 4,2	27,1
Миколаївська область									
Миколаїв	26,4 3,4	12,8 3,3	7,1 3,2	3,9 3,1	11,5 3,8	8,9 3,5	10,9 3,4	18,5 3,2	9,1
Одеська область									
Одеса	17,6 3,2	8,8 2,8	5,3 2,5	6,1 2,6	15,8 3,1	8,8 2,3	15,2 2,1	22,4 2,5	2,0
Сарата	28,0 4,1	5,6 3,9	4,6 3,4	10,7 3,5	13,2 2,1	5,0 2,0	8,6 3,8	24,3 4,4	23,0
Полтавська область									
Полтава	19,5 2,4	12,3 2,3	11,0 2,2	5,3 2,0	7,5 2,1	8,3 2,5	20,4 2,7	15,7 2,5	7,4
Рівненська область									
Рівне	11,4 3,8	6,3 3,0	8,9 3,1	9,3 3,1	8,0 3,2	11,4 3,1	29,1 3,7	15,6 4,5	8,9

Кінець таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сумська область									
Суми	14,4 / 3,0	10,6 / 3,2	11,4 / 3,2	10,0 / 3,3	10,2 / 3,2	7,6 / 3,4	18,4 / 3,7	17,4 / 3,5	13,4
Тернопільська область									
Тернопіль	13,1 / 3,2	3,9 / 2,7	5,4 / 3,0	9,0 / 3,3	6,4 / 3,6	6,1 / 3,5	29,2 / 4,0	26,9 / 4,0	16,1
Харківська область									
Харків	16,9 / 3,7	14,5 / 4,1	14,2 / 4,2	8,8 / 4,0	6,0 / 3,4	7,4 / 3,9	16,4 / 3,9	15,8 / 3,6	15,0
Херсонська область									
Генічеськ	18,5 / 2,5	14,8 / 3,5	14,0 / 3,5	11,9 / 3,1	5,6 / 3,2	11,2 / 4,1	13,7 / 3,7	10,3 / 2,9	4,1
Херсон	22,7 / 3,4	13,0 / 2,9	7,5 / 2,3	4,2 / 2,1	9,0 / 2,3	12,5 / 2,4	15,0 / 2,8	16,1 / 3,2	6,3
Хмельницька область									
Хмельницький	15,7 / 4,3	8,0 / 3,2	7,8 / 3,1	8,1 / 3,7	8,1 / 4,1	6,3 / 3,8	18,6 / 4,4	27,4 / 4,6	17,3
Черкаська область									
Умань	16,6 / 3,3	11,2 / 2,7	5,9 / 2,4	6,3 / 2,3	7,2 / 2,5	6,4 / 2,4	19,6 / 3,2	26,8 / 3,6	48,7
Чернівецька область									
Чернівці	9,6 / 3,2	2,3 / 2,5	13,4 / 3,0	5,4 / 3,3	8,0 / 2,3	5,9 / 2,4	24,5 / 4,0	30,9 / 4,4	8,6
Чернігівська область									
Чернігів	17,0 / 4,2	10,6 / 3,8	7,5 / 3,4	5,7 / 3,7	8,8 / 3,8	11,2 / 3,4	21,2 / 3,8	18,0 / 3,9	21,8

ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1

ВІДНОСНА ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ (табл. 24, [33])

Область, місто	Середня місячна відносна вологість / середня добова амплітуда відносної вологості, %												Середня за рік відносна вологість, %
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Автономна Республіка Крим													
Ай-Петрі	81 / 1	80 / 3	76 / 4	70 / 7	68 / 6	70 / 8	67 / 10	68 / 12	72 / 10	72 / 8	76 / 5	84 / 2	74
Клепиніне	86 / —	84 / —	79 / —	71 / —	68 / —	66 / —	62 / —	63 / —	69 / —	77 / —	85 / —	88 / —	75
Поштове	— / 13	— / 19	— / 26	— / 32	— / 36	— / 37	— / 39	— / 42	— / 41	— / 33	— / 21	— / 13	—
Севастополь	— / 9	— / 11	— / 14	— / 17	— / 19	— / 19	— / 19	— / 21	— / 23	— / 19	— / 11	— / 8	—
Сімферополь	84 / 10	81 / 13	76 / 22	69 / 29	68 / 32	67 / 34	63 / 36	64 / 36	69 / 35	75 / 28	82 / 15	85 / 8	74
Феодосія	82 / 7	81 / 10	78 / 14	74 / 16	71 / 18	67 / 18	63 / 19	65 / 20	70 / 20	76 / 18	81 / 11	83 / 7	74
Ялта	74 / 5	73 / 5	72 / 7	71 / 9	70 / 9	66 / 8	61 / 10	60 / 11	64 / 10	70 / 9	74 / 8	74 / 5	69
Вінницька область													
Вінниця	85 / 8	83 / 12	79 / 20	70 / 30	66 / 35	71 / 33	73 / 35	72 / 36	76 / 33	80 / 25	86 / 11	87 / 7	77
Волинська область													
Ковель	85 / 8	84 / 12	78 / 23	71 / 34	70 / 38	72 / 36	74 / 38	75 / 39	80 / 32	82 / 24	86 / 12	87 / 6	79
Луцьк	86 / 7	85 / 11	80 / 20	72 / 29	71 / 33	73 / 33	74 / 35	74 / 35	79 / 30	82 / 22	87 / 11	88 / 6	79

Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Дніпропетровська область													
Дніпропетровськ	86	84	81	68	62	65	64	62	68	76	87	89	74
	7	10	20	31	33	34	35	35	35	28	13	6	
Комісарівка	86	83	80	67	62	66	65	64	68	76	86	88	74
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Кривий Ріг	85	84	79	66	62	65	63	61	66	75	85	87	73
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Синельникове	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7	10	19	30	35	37	38	38	36	29	11	5	
Донецька область													
Донецьк	86	84	80	66	62	65	63	61	66	75	86	89	74
	9	11	21	30	30	32	33	35	33	26	12	5	
Житомирська область													
Житомир	85	84	80	72	68	72	74	74	77	81	87	88	79
	9	13	20	29	35	34	35	37	33	24	11	6	
Овруч	86	83	79	72	68	72	75	75	79	83	88	88	79
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Закарпатська область													
Берегово	85	80	73	68	68	70	69	72	75	77	82	86	75
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Міжгір'я	84	81	77	73	75	77	78	80	82	82	85	86	80
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Плай	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1	2	3	8	10	9	9	7	7	3	1	1	
Рахів	83	78	74	70	72	76	77	78	81	80	84	85	78
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ужгород	82	77	68	62	65	67	67	69	72	75	81	84	72
	9	14	21	25	27	29	32	30	28	24	12	8	
Хуст	87	83	76	70	72	74	74	76	79	82	86	89	79
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Запорізька область													
Запоріжжя	85	83	79	68	63	65	63	63	68	75	85	87	74
	9	12	20	32	35	36	37	37	34	29	13	7	
Кирилівка	88	87	83	71	67	69	67	65	70	78	89	91	77
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Івано-Франківська область													
Івано-Франківськ	83	81	77	72	72	74	75	76	79	80	84	85	78
	12	16	23	32	34	32	32	34	31	27	16	9	
Пожежевська	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	3	6	8	10	10	10	11	9	6	2	2	
Кіровоградська область													
Гайворон	83	81	77	68	66	70	71	70	73	78	85	85	76
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Знам'янка	86	83	80	69	64	67	68	66	70	78	87	88	76
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Кіровоград	86	84	79	67	62	65	66	64	68	76	86	88	74
	9	12	21	34	38	37	40	41	37	30	13	7	
Київська область													
Бориспіль	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7	11	19	31	37	35	35	38	35	25	11	9	
Київ	83	79	74	66	62	68	69	68	74	77	84	85	74
	9	13	19	26	30	30	29	30	28	22	10	7	
Миронівка	84	82	78	68	65	70	71	69	73	79	86	86	76
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Луганська область													
Луганськ	82	80	77	64	60	63	63	61	67	74	83	85	72
	11	15	23	36	38	38	39	41	41	30	14	7	
Львівська область													

Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Львів	84 / 9	83 / 13	78 / 21	72 / 27	72 / 30	74 / 29	75 / 31	76 / 31	79 / 28	81 / 23	85 / 12	86 / 7	79
Миколаївська область													
Миколаїв	84 / 10	83 / 14	78 / 24	69 / 33	64 / 36	64 / 37	61 / 37	60 / 38	67 / 36	74 / 30	84 / 15	86 / 10	73
Одеська область													
Ізмаїл	82 / 12	80 / 15	76 / 23	70 / 33	68 / 36	67 / 37	65 / 37	65 / 39	69 / 38	75 / 33	81 / 19	83 / 13	73
Любашівка	85 / —	83 / —	79 / —	66 / —	63 / —	66 / —	66 / —	64 / —	68 / —	75 / —	86 / —	87 / —	74
Одеса	82 / 8	81 / 10	79 / 12	75 / 15	72 / 17	70 / 20	67 / 21	66 / 22	71 / 22	76 / 17	82 / 11	83 / 8	75
Роздільна	85 / —	83 / —	78 / —	68 / —	65 / —	65 / —	64 / —	62 / —	68 / —	75 / —	84 / —	86 / —	74
Сарата	83 / —	82 / —	78 / —	72 / —	69 / —	68 / —	66 / —	66 / —	70 / —	76 / —	83 / —	85 / —	75
Полтавська область													
Лубни	85 / —	83 / —	80 / —	68 / —	63 / —	67 / —	69 / —	69 / —	73 / —	79 / —	87 / —	88 / —	76
Полтава	85 / 7	82 / 11	78 / 18	66 / 28	61 / 32	65 / 32	66 / 33	64 / 34	69 / 31	77 / 25	86 / 10	87 / 6	74
Рівненська область													
Рівне	86 / 6	85 / 11	80 / 19	72 / 29	70 / 33	73 / 32	75 / 34	75 / 35	78 / 30	82 / 22	87 / 11	88 / 5	79
Сарни	84 / —	82 / —	77 / —	70 / —	68 / —	71 / —	72 / —	73 / —	77 / —	81 / —	86 / —	87 / —	77
Сумська область													
Ромни	86 / 8	84 / 12	80 / 20	71 / 30	66 / 33	70 / 33	73 / 32	72 / 34	76 / 31	81 / 24	88 / 10	88 / 6	78

Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Суми	86 7	83 11	81 19	70 31	64 35	69 34	72 34	71 36	75 32	80 24	87 10	88 4	77
Тернопільська область													
Тернопіль	85 7	84 11	80 19	72 31	70 34	73 32	74 34	75 35	79 31	82 25	87 12	88 7	79
Харківська область													
Лозова	87 —	84 —	81 —	66 —	60 —	64 —	63 —	62 —	68 —	76 —	86 —	89 —	74
Харків	84 8	83 12	79 20	67 30	60 33	64 35	66 35	64 37	70 33	77 27	86 11	87 6	74
Херсонська область													
Асканія-Нова	86 10	85 13	80 26	72 38	68 41	65 44	60 44	60 44	67 41	76 34	86 16	88 9	74
Генічеськ	88 7	86 8	84 13	78 18	72 21	69 25	65 27	66 25	72 25	79 21	87 10	89 6	78
Херсон	85 10	82 15	78 25	69 37	65 40	65 40	62 41	62 42	68 40	76 32	86 16	87 9	74
Хмельницька область													
Хмельницький	86 8	84 12	80 19	71 30	69 34	73 32	75 33	74 35	78 32	81 24	87 11	88 6	79
Шепетівка	— 7	— 11	— 18	— 29	— 32	— 30	— 31	— 32	— 29	— 22	— 10	— 5	—
Черкаська область													
Золотоноша	85 —	83 —	79 —	70 —	66 —	70 —	71 —	72 —	76 —	81 —	87 —	87 —	77
Умань	85 10	83 14	79 22	69 33	67 39	71 36	72 36	71 40	75 37	80 28	86 13	87 9	77

Кінець таблиці Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Черкаси	84 8	83 11	79 20	69 31	64 38	69 37	70 38	69 40	72 36	79 26	86 13	87 7	76
Чернівецька область													
Чернівці	83 9	82 12	77 21	70 30	69 31	71 29	72 32	74 33	75 32	79 26	84 13	85 8	77
Чернігівська область													
Семенівка	85 —	83 —	80 —	73 —	69 —	72 —	75 —	75 —	78 —	83 —	88 —	88 —	79
Чернігів	85 7	83 11	80 20	71 32	67 38	71 38	72 36	73 38	77 35	82 25	88 10	88 5	78

ДОДАТОК Ж

ТРИВАЛІСТЬ ЧАСОВИХ ІНТЕРВАЛІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ

Таблиця Ж.1

Період	Кількість діб	Кількість годин
Січень	31	744
Лютий	28	672
Березень	31	744
Квітень	30	720
Травень	31	744
Червень	30	720
Липень	31	744
Серпень	31	744
Вересень	30	720
Жовтень	31	744
Листопад	30	720
Грудень	31	744
Рік	365	8760

ДОДАТОК К

Таблиця К.1

СЕРЕДНЬОМІСЯЧНА ТЕМПЕРАТУРА ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ

Область, місто	Середньомісячна температура зовнішнього повітря, ^{0}C												Середня за рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Автономна Республіка Крим													
Ай-Петрі	-3,4	-3,3	-0,7	4,8	9,6	13,0	15,5	15,1	11,0	6,7	2,5	-1,6	5,8
Клепиніне	-1,0	-0,2	3,4	10,0	15,7	20,0	22,7	21,8	16,7	10,7	5,7	1,6	10,6
Сімферополь	-0,3	0,4	3,7	10,1	15,1	19,2	21,8	21,3	16,7	11,0	6,1	2,1	10,6
Феодосія	1,2	1,6	4,6	10,6	16,1	20,8	23,2	23,1	18,4	12,6	7,6	3,8	12,0
Ялта	4,1	4,2	6,0	10,6	15,7	19,8	23,6	23,2	19,0	13,6	9,5	6,1	13,0
Вінницька область													
Вінниця	-5,1	-3,8	0,5	8,1	14,2	17,2	18,7	18,0	13,3	7,6	1,8	-2,9	7,3
Волинська область													
Ковель	-3,9	-2,7	1,3	8,1	13,9	16,9	18,2	17,6	13,0	7,9	2,5	-1,9	7,6
Луцьк	-4,2	-3,0	1,1	8,1	13,9	16,9	18,4	17,7	13,2	7,9	2,4	-2,4	7,5
Дніпропетровська область													
Дніпропетровськ	-4,7	-3,8	1,1	9,6	16,0	19,6	21,6	20,7	15,4	8,6	2,2	-2,5	8,7
Комісарівка	-4,9	-3,8	1,0	9,3	15,5	19,0	20,9	20,0	14,7	8,2	2,2	-2,4	8,3
Кривий Ріг	-4,3	-3,3	1,6	9,6	15,8	19,4	21,5	20,7	15,5	8,9	2,7	-2,0	8,8
Донецька область													
Донецьк	-5,2	-4,4	0,7	9,4	15,4	19,0	21,2	19,8	14,9	8,0	1,8	-2,9	8,1
Житомирська область													
Житомир	-5,1	-4,0	0,4	7,9	14,0	17,1	18,5	17,7	13,0	7,4	1,7	-2,8	7,2
Овруч	-5,1	-4,1	0,3	7,9	14,1	17,1	18,5	17,6	12,8	7,1	1,5	-3,1	7,1

Продовження таблиці К.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Закарпатська область													
Берегово	-2,7	0,1	5,0	10,9	15,9	18,7	20,2	19,6	15,7	10,3	4,8	-0,2	9,9
Міжгір'я	-5,0	-2,6	1,4	7,2	12,3	15,0	16,4	15,8	12,3	7,4	2,5	2,4	6,7
Плай	-6,3	-6,0	-2,9	1,9	7,6	9,9	11,4	11,5	7,7	3,6	-1,4	-5,1	2,7
Рахів	-4,3	-1,7	2,3	8,0	13,0	15,6	17,0	16,4	12,9	7,8	2,8	-1,8	7,3
Ужгород	-2,4	-0,2	4,7	10,8	15,8	18,7	20,3	19,8	15,5	10,2	4,7	-0,5	9,8
Хуст	-4.3	-1.3	3.8	10.1	15.1	17.8	19.2	18.5	14.5	8.9	3.7	-1.3	8,7
Запорізька область													
Гуляйполе	-4,1	-3,4	1,5	9,6	15,5	19,4	21,6	20,5	15,1	8,4	2,5	-1,9	8,7
Запоріжжя	-3,5	-2,6	2,0	10,1	16,4	20,2	22,4	21,4	16,2	9,6	3,5	-1,1	9,6
Кирилівка	-4,4	-3,8	1,0	9,1	15,0	18,8	20,6	20,1	14,9	8,1	2,3	-2,2	8,3
Івано-Франківська область													
Івано-Франківськ	-4,3	-2,6	1,7	8,1	13,6	16,7	18,3	17,7	13,4	8,0	2,5	-2,4	7,6
Пожежевська	-6,2	-6,0	-3,3	1,8	7,2	10,1	11,7	11,8	8,0	4,1	-0,7	-4,9	2,8
Кіровоградська область													
Гайворон	-4,3	-3,0	1,6	9,4	15,3	18,4	20,0	19,2	14,4	8,4	2,7	-1,9	8,4
Знам'янка	-5,3	-4,2	0,7	8,8	15,1	18,5	20,3	19,5	14,4	7,9	2,0	-2,8	7,9
Кіровоград	-4,9	-3,9	0,8	9,1	15,2	18,6	20,4	19,7	14,7	8,2	2,1	-2,6	8,1
Київська область													
Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5	8,0
Миронівка	-5,0	-4,4	0,8	8,8	15,0	18,0	19,8	19,0	14,1	8,0	1,8	-2,7	7,8
Луганська область													
Луганськ	-5,0	-4,2	1,1	10,1	16,1	19,9	22,0	20,7	15,1	8,2	2,2	-2,5	8,6

Продовження таблиці К.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Львівська область													
Львів	-4,0	-2,7	1,4	7,9	13,4	16,3	17,7	17,2	13,0	8,0	2,5	-2,2	7,4
Миколаївська область													
Миколаїв	-2,6	-1,6	2,8	10,2	16,4	20,3	22,7	22,0	16,8	10,4	4,2	-0,4	10,1
Одеська область													
Ізмаїл	-1,3	0,2	4,3	10,6	16,3	20,3	22,3	21,7	17,0	11,2	5,7	0,7	10,8
Любашівка	-4,3	-3,0	1,5	9,3	15,3	18,6	20,5	19,9	15,1	8,9	2,8	-1,9	8,6
Одеса	-1,3	-0,6	2,9	9,2	15,3	19,6	22,0	21,6	17,0	11,3	5,8	1,1	10,3
Роздільна	-3,1	-1,9	2,5	9,8	15,8	19,4	21,5	21,0	16,1	9,9	3,9	-0,9	9,5
Сарата	-1,8	-0,5	3,6	10,0	16,0	20,0	22,1	21,3	16,4	10,5	5,1	0,2	10,2
Полтавська область													
Лубни	-5,4	-4,6	0,3	8,6	15,3	18,5	20,2	19,1	13,7	7,6	1,3	-3,3	7,6
Полтава	-5,6	-4,7	0,3	9,0	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	-3,3	7,8
Рівненська область													
Рівне	-4,6	-3,4	0,7	8,0	13,8	16,7	18,2	17,5	13,1	7,7	2,1	-2,6	7,3
Сарни	-4,5	-3,4	0,9	8,2	14,4	17,1	18,6	17,7	13,0	7,7	2,1	-2,4	7,4
Сумська область													
Ромни	-6,2	-5,4	-0,4	8,2	14,6	18,0	19,4	18,4	13,1	6,8	0,7	-4,0	6,9
Суми	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13,0	6,7	0,4	-4,3	6,8
Тернопільська область													
Тернопіль	-5,0	-3,7	0,4	7,6	13,5	16,4	17,8	17,2	12,8	7,5	1,8	-3,1	6,9

Кінець таблиці К.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Харківська область													
Лозова	-5,6	-3,7	0,4	7,6	13,5	16,4	17,8	17,2	12,8	7,5	1,8	-3,1	6,9
Харків	-5,9	-5,1	0,0	9,0	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1,0	-3,7	7,6
Херсонська область													
Асканія-Нова	-2,5	-1,7	2,6	9,6	15,6	20,0	22,5	21,8	16,5	9,9	4,2	0,0	9,9
Генічеськ	-1,8	-1,3	2,4	9,5	16,1	20,6	23,1	22,4	17,5	11,0	6,2	0,7	10,5
Херсон	-2,5	-1,6	2,8	10,1	16,1	20,0	22,4	21,6	16,5	10,1	4,3	-0,2	10,0
Хмельницька область													
Хмельницький	-4,9	-3,6	0,6	7,9	13,9	16,8	18,4	17,7	13,1	7,6	1,9	-2,9	7,2
Черкаська область													
Золотоноша	-4,9	-4,0	0,9	9,1	15,4	18,6	20,2	19,1	14,0	7,8	1,9	-2,9	7,2
Умань	-4,8	-3,7	0,9	8,7	14,6	17,8	19,4	18,6	13,6	7,7	2,0	-2,5	7,7
Черкаси	-5,0	-4,0	0,7	8,9	15,2	18,4	20,1	19,3	14,2	7,9	2,0	-2,7	7,9
Чернівецька область													
Чернівці	-4,1	-2,4	2,0	8,9	14,5	17,6	19,1	18,4	14,1	8,7	2,7	-2,1	8,1
Чернігівська область													
Семенівка	-6,7	-5,8	-1,0	7,3	13,7	17,0	18,5	17,4	12,2	6,2	0,2	-4,0	6,3
Чернігів	-5,9	-4,9	-0,1	8,0	14,4	17,6	19,2	18,1	12,9	6,9	1,0	-3,5	7,0

ДОДАТОК Л

Таблиця Л.1

ПОГОДИННА ТЕМПЕРАТУРА ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОГО ДНЯ МІСЯЦЯ

Вінниця												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-6,0	-4,9	-1,0	5,7	10,9	13,8	15,5	15,2	11,0	6,2	0,9	-3,6
2	-6,5	-5,4	-1,6	4,9	10,0	12,9	14,6	14,2	10,1	5,4	0,4	-4,0
3	-7,0	-5,9	-2,1	4,2	9,3	12,3	13,9	13,5	9,3	4,7	0,0	-4,4
4	-7,4	-6,3	-2,5	3,7	8,8	11,9	13,5	12,9	8,7	4,2	-0,4	-4,7
5	-7,7	-6,6	-2,8	3,4	8,6	11,8	13,3	12,5	8,2	3,7	-0,6	-5,0
6	-8,0	-6,8	-3,0	3,3	8,8	12,0	13,5	12,4	8,0	3,4	-0,8	-5,2
7	-8,1	-6,8	-3,0	3,5	9,5	12,8	14,1	12,7	8,1	3,3	-0,9	-5,4
8	-8,2	-6,7	-2,7	4,4	10,7	14,0	15,3	13,7	8,8	3,3	-0,9	-5,4
9	-7,9	-6,1	-1,8	5,7	12,2	15,5	16,8	15,2	10,1	4,1	-0,4	-5,2
10	-7,0	-5,1	-0,7	7,3	14,0	17,2	18,5	17,0	11,9	5,4	0,4	-4,5
11	-5,8	-4,0	0,7	8,9	15,8	18,9	20,2	19,0	13,8	7,1	1,5	-3,5
12	-4,4	-2,7	2,0	10,5	17,4	20,4	21,8	20,8	15,7	8,9	2,6	-2,3
13	-3,2	-1,7	3,1	11,8	18,7	21,6	23,0	22,3	17,2	10,5	3,6	-1,3
14	-2,3	-1,0	3,8	12,7	19,5	22,4	23,8	23,3	18,2	11,6	4,3	-0,6
15	-2,0	-0,8	4,0	12,9	19,8	22,6	24,1	23,6	18,6	11,9	4,5	-0,4
16	-2,1	-0,8	4,0	12,8	19,7	22,5	24,0	23,5	18,5	11,9	4,5	-0,4
17	-2,2	-1,0	3,8	12,5	19,3	22,1	23,6	23,1	18,2	11,6	4,4	-0,6
18	-2,5	-1,2	3,4	12,0	18,6	21,5	23,0	22,5	17,7	11,3	4,1	-0,8
19	-2,8	-1,6	3,0	11,3	17,8	20,6	22,1	21,8	17,0	10,8	3,8	-1,1
20	-3,2	-2,1	2,4	10,5	16,7	19,6	21,1	20,8	16,1	10,1	3,4	-1,4
21	-3,7	-2,6	1,8	9,6	15,6	18,4	20,0	19,7	15,1	9,4	2,9	-1,8
22	-4,2	-3,1	1,1	8,6	14,4	17,2	18,9	18,6	14,1	8,6	2,5	-2,2
23	-4,8	-3,7	0,4	7,6	13,1	16,0	17,7	17,4	13,0	7,8	1,9	-2,7
24	-5,4	-4,3	-0,3	6,6	12,0	14,8	16,5	16,3	12,0	7,0	1,4	-3,1

Продовження таблиці Л.1

Дніпропетровськ												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,4	-4,7	-0,1	7,4	13,2	16,6	18,8	18,1	13,3	7,4	1,4	-3,1
2	-5,9	-5,2	-0,8	6,6	12,3	15,7	17,9	17,1	12,4	6,6	0,9	-3,5
3	-6,4	-5,7	-1,3	5,8	11,5	15,0	17,2	16,3	11,6	5,9	0,5	-3,9
4	-6,8	-6,1	-1,7	5,3	11,0	14,5	16,7	15,7	10,9	5,3	0,1	-4,2
5	-7,1	-6,4	-2,1	4,9	10,6	14,2	16,4	15,3	10,5	4,9	-0,2	-4,5
6	-7,4	-6,6	-2,3	4,7	10,5	14,3	16,3	15,1	10,2	4,5	-0,4	-4,8
7	-7,6	-6,7	-2,4	4,7	10,8	14,9	16,8	15,3	10,1	4,3	-0,6	-4,9
8	-7,7	-6,7	-2,2	5,4	11,8	15,9	17,8	16,2	10,5	4,2	-0,6	-5,0
9	-7,6	-6,3	-1,6	6,6	13,3	17,4	19,2	17,6	11,6	4,6	-0,3	-4,9
10	-6,9	-5,5	-0,4	8,2	15,0	19,2	20,9	19,5	13,4	5,9	0,5	-4,4
11	-5,8	-4,3	0,9	10,1	17,0	20,9	22,7	21,5	15,4	7,6	1,6	-3,4
12	-4,3	-3,0	2,3	11,8	18,7	22,6	24,4	23,4	17,4	9,6	2,8	-2,2
13	-3,0	-1,9	3,5	13,3	20,2	23,9	25,7	24,9	19,2	11,3	3,9	-1,1
14	-2,0	-1,1	4,3	14,2	21,2	24,7	26,6	25,9	20,3	12,6	4,7	-0,3
15	-1,7	-0,9	4,6	14,5	21,5	25,0	26,9	26,3	20,7	13,0	5,0	0,0
16	-1,7	-0,9	4,5	14,4	21,4	24,9	26,8	26,2	20,6	12,9	5,0	0,0
17	-1,9	-1,1	4,3	14,2	21,0	24,5	26,4	25,8	20,3	12,7	4,8	-0,2
18	-2,1	-1,3	4,0	13,7	20,5	23,9	25,9	25,3	19,9	12,3	4,6	-0,4
19	-2,4	-1,6	3,6	13,0	19,7	23,1	25,1	24,5	19,2	11,9	4,3	-0,6
20	-2,8	-2,1	3,1	12,2	18,8	22,1	24,2	23,6	18,4	11,3	3,9	-0,9
21	-3,3	-2,5	2,5	11,3	17,7	21,1	23,1	22,5	17,5	10,6	3,5	-1,3
22	-3,8	-3,0	1,9	10,4	16,6	19,9	22,0	21,4	16,5	9,8	3,0	-1,7
23	-4,3	-3,6	1,2	9,4	15,4	18,7	20,9	20,3	15,4	9,0	2,5	-2,2
24	-4,8	-4,1	0,5	8,4	14,3	17,6	19,8	19,1	14,4	8,2	1,9	-2,6

Продовження таблиці Л.1

Донецьк												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,9	-5,3	-0,4	7,4	12,8	15,9	18,4	17,3	13,0	6,9	1,1	-3,5
2	-6,4	-5,8	-1,1	6,5	11,9	15,0	17,4	16,3	12,1	6,2	0,6	-3,9
3	-6,9	-6,3	-1,6	5,8	11,1	14,2	16,7	15,4	11,3	5,5	0,2	-4,3
4	-7,4	-6,7	-2,1	5,2	10,6	13,7	16,1	14,8	10,6	4,8	-0,2	-4,7
5	-7,8	-7,0	-2,4	4,7	10,3	13,5	15,7	14,3	10,0	4,3	-0,6	-5,0
6	-8,0	-7,3	-2,7	4,5	10,2	13,5	15,6	14,1	10,2	4,0	-0,8	-5,2
7	-8,2	-7,4	-2,7	4,5	10,5	14,1	15,9	14,1	9,6	3,7	-1,0	-5,4
8	-8,3	-7,5	-2,7	5,0	11,4	15,2	16,9	14,9	9,8	3,6	-1,0	-5,5
9	-8,3	-7,2	-2,1	6,2	12,8	16,8	18,4	16,3	10,8	3,9	-0,9	-5,4
10	-7,6	-6,3	-1,0	7,8	14,5	18,5	20,2	18,2	12,5	5,0	-0,2	-4,8
11	-6,3	-5,1	0,3	9,6	16,3	20,4	22,2	20,3	14,6	6,7	1,0	-3,8
12	-4,8	-3,7	1,8	11,5	18,0	22,0	24,0	22,4	16,8	8,8	2,3	-2,6
13	-3,4	-2,5	3,0	13,0	19,4	23,4	25,5	24,0	18,6	10,6	3,5	-1,4
14	-2,4	-1,6	3,9	14,0	20,3	24,2	26,5	25,2	19,8	11,9	4,3	-0,6
15	-2,1	-1,3	4,2	14,3	20,6	24,5	26,8	25,5	20,2	12,4	4,6	-0,3
16	-2,1	-1,4	4,1	14,3	20,5	24,4	26,7	25,4	20,2	12,3	4,6	-0,3
17	-2,2	-1,5	4,0	14,0	20,2	24,0	26,3	25,1	19,9	12,1	4,5	-0,5
18	-2,5	-1,8	3,6	13,5	19,7	23,4	25,7	24,5	19,4	11,8	4,2	-0,7
19	-2,8	-2,1	3,2	12,9	18,9	22,6	25,0	23,8	18,7	11,3	3,9	-0,9
20	-3,2	-2,5	2,7	12,1	18,0	21,6	24,0	22,8	17,9	10,7	3,6	-1,3
21	-3,7	-3,0	2,2	11,2	17,0	20,5	22,9	21,8	17,0	10,0	3,1	-1,7
22	-4,2	-3,5	1,5	10,3	16,0	19,3	21,8	20,7	16,1	9,3	2,6	-2,1
23	-4,8	-4,1	0,9	9,3	14,9	18,1	20,6	19,5	15,0	8,5	2,1	-2,5
24	-5,3	-4,7	0,2	8,3	13,8	17,0	19,5	18,4	14,0	7,7	1,6	-3,0

Продовження таблиці Л.1

Житомир												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-6,0	-5,1	-1,1	5,5	10,7	13,8	15,4	15,0	10,7	6,0	0,8	-3,5
2	-6,5	-5,7	-1,7	4,7	9,8	12,9	14,6	14,0	9,8	5,3	0,3	-4,0
3	-7,0	-6,2	-2,2	4,1	9,2	12,3	13,9	13,3	9,1	4,6	-0,1	-4,4
4	-7,5	-6,6	-2,6	3,6	8,7	11,9	13,5	12,7	8,5	4,1	-0,5	-4,7
5	-7,8	-6,9	-2,9	3,3	8,5	11,8	13,3	12,4	8,1	3,6	-0,7	-5,0
6	-8,1	-7,1	-3,1	3,2	8,7	12,0	13,5	12,3	7,9	3,3	-0,9	-5,2
7	-8,2	-7,2	-3,1	3,4	9,4	12,8	14,1	12,6	7,9	3,2	-1,0	-5,4
8	-8,3	-7,1	-2,8	4,3	10,5	14,0	15,2	13,5	8,6	3,2	-1,0	-5,4
9	-8,0	-6,4	-1,9	5,5	12,1	15,4	16,7	15,0	9,9	4,0	-0,5	-5,1
10	-7,1	-5,4	-0,8	7,1	13,8	17,1	18,3	16,8	11,6	5,3	0,3	-4,4
11	-5,8	-4,2	0,6	8,7	15,5	18,8	19,9	18,6	13,5	7,0	1,4	-3,4
12	-4,4	-2,9	1,9	10,3	17,1	20,2	21,5	20,4	15,3	8,7	2,5	-2,2
13	-3,1	-1,8	3,0	11,5	18,4	21,4	22,7	21,9	16,8	10,2	3,5	-1,2
14	-2,2	-1,1	3,7	12,4	19,2	22,2	23,4	22,8	17,8	11,3	4,2	-0,5
15	-1,9	-0,8	3,9	12,6	19,5	22,4	23,7	23,1	18,1	11,6	4,4	-0,2
16	-2,0	-0,9	3,9	12,5	19,4	22,3	23,6	23,0	18,0	11,6	4,4	-0,2
17	-2,1	-1,0	3,7	12,2	19,0	21,9	23,2	22,7	17,7	11,3	4,3	-0,4
18	-2,4	-1,3	3,3	11,7	18,3	21,3	22,6	22,1	17,2	11,0	4,0	-0,6
19	-2,7	-1,7	2,9	11,1	17,5	20,4	21,8	21,4	16,6	10,5	3,7	-0,9
20	-3,2	-2,2	2,3	10,3	16,5	19,4	20,9	20,4	15,7	9,9	3,3	-1,2
21	-3,7	-2,7	1,7	9,4	15,4	18,3	19,8	19,4	14,8	9,2	2,8	-1,6
22	-4,2	-3,3	1,0	8,4	14,2	17,1	18,7	18,3	13,8	8,4	2,4	-2,1
23	-4,8	-3,9	0,3	7,4	13,0	15,9	17,5	17,1	12,7	7,6	1,8	-2,6
24	-5,4	-4,5	-0,4	6,4	11,8	14,8	16,4	16,0	11,7	6,8	1,3	-3,0

Продовження таблиці Л.1

Запоріжжя												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-4,2	-3,5	0,7	7,9	13,7	17,2	19,5	18,7	14,2	8,4	2,7	-1,7
2	-4,7	-4,0	0,1	7,1	12,8	16,3	18,6	17,8	13,3	7,7	2,2	-2,1
3	-5,1	-4,5	-0,5	6,4	12,1	15,6	17,9	17,0	12,5	7,0	1,8	-2,5
4	-5,5	-4,9	-0,9	5,8	11,6	15,1	17,3	16,3	11,8	6,4	1,4	-2,8
5	-5,9	-5,2	-1,3	5,4	11,2	14,9	17,0	15,9	11,3	5,9	1,1	-3,1
6	-6,2	-5,4	-1,5	5,2	11,1	14,9	17,0	15,8	11,0	5,6	0,9	-3,4
7	-6,3	-5,6	-1,6	5,3	11,4	15,5	17,4	16,0	11,0	5,4	0,7	-3,5
8	-6,4	-5,6	-1,4	5,9	12,3	16,6	18,5	16,8	11,4	5,3	0,7	-3,6
9	-6,4	-5,2	-0,7	7,1	13,8	18,1	19,9	18,3	12,5	5,7	1,0	-3,5
10	-5,7	-4,3	0,4	8,8	15,5	19,8	21,7	20,1	14,2	6,9	1,8	-3,0
11	-4,5	-3,1	1,8	10,6	17,3	21,5	23,5	22,2	16,2	8,6	2,9	-2,0
12	-3,1	-1,8	3,2	12,3	19,0	23,1	25,3	24,1	18,2	10,6	4,1	-0,8
13	-1,8	-0,7	4,5	13,7	20,5	24,4	26,6	25,7	19,9	12,3	5,2	0,3
14	-0,9	0,1	5,3	14,7	21,4	25,3	27,5	26,7	21,0	13,5	6,0	1,1
15	-0,6	0,4	5,6	15,0	21,7	25,5	27,8	27,0	21,4	13,9	6,3	1,4
16	-0,6	0,3	5,5	14,9	21,6	25,4	27,7	26,9	21,4	13,8	6,3	1,4
17	-0,7	0,2	5,3	14,6	21,2	25,1	27,4	26,6	21,1	13,6	6,1	1,2
18	-1,0	-0,1	5,0	14,1	20,7	24,5	26,8	26,0	20,6	13,3	5,9	1,0
19	-1,3	-0,4	4,6	13,5	20,0	23,7	26,0	25,2	19,9	12,8	5,6	0,8
20	-1,7	-0,8	4,0	12,7	19,1	22,7	25,0	24,3	19,1	12,2	5,2	0,5
21	-2,1	-1,3	3,4	11,8	18,0	21,6	24,0	23,3	18,2	11,5	4,8	0,1
22	-2,6	-1,8	2,8	10,8	17,0	20,5	22,8	22,1	17,2	10,8	4,3	-0,3
23	-3,1	-2,4	2,1	9,9	15,9	19,3	21,7	21,0	16,2	10,0	3,8	-0,8
24	-3,6	-2,9	1,4	8,9	14,8	18,2	20,6	19,8	15,2	9,2	3,2	-1,2

Продовження таблиці Л.1

Івано-Франківськ												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,6	-4,1	-0,2	5,4	10,0	12,9	14,9	14,5	10,8	6,1	1,2	-3,5
2	-6,3	-4,7	-1,0	4,5	9,1	12,1	14,0	13,6	9,8	5,3	0,6	-4,1
3	-6,9	-5,3	-1,6	3,7	8,5	11,5	13,3	12,8	9,0	4,5	0,0	-4,6
4	-7,4	-5,8	-2,1	3,2	8,0	11,2	12,9	12,3	8,4	3,8	-0,4	-5,0
5	-7,8	-6,2	-2,5	2,8	7,9	11,3	12,8	12,0	8,0	3,3	-0,8	-5,4
6	-8,0	-6,4	-2,7	2,7	8,2	11,7	13,1	12,1	7,8	2,9	-1,0	-5,6
7	-8,2	-6,4	-2,6	3,0	9,0	12,7	13,9	12,7	8,0	2,8	-1,1	-5,7
8	-8,1	-6,2	-2,0	4,0	10,3	14,0	15,1	13,8	8,9	3,0	-0,9	-5,7
9	-7,5	-5,3	-1,0	5,4	11,8	15,5	16,6	15,4	10,3	4,1	-0,2	-5,1
10	-6,2	-4,1	0,5	7,2	13,6	17,1	18,3	17,2	12,2	5,7	0,9	-4,1
11	-4,7	-2,6	2,1	9,0	15,4	18,7	20,0	19,1	14,2	7,7	2,3	-2,7
12	-3,1	-1,1	3,7	10,8	16,9	20,1	21,5	20,8	16,1	9,8	3,7	-1,4
13	-1,7	0,1	5,0	12,2	18,2	21,2	22,7	22,2	17,6	11,6	5,0	-0,2
14	-0,7	1,0	5,8	13,2	19,0	22,0	23,5	23,1	18,6	12,8	5,8	0,7
15	-0,4	1,2	6,1	13,5	19,3	22,2	23,8	23,4	19,0	13,2	6,1	0,9
16	-0,5	1,2	6,0	13,4	19,2	22,1	23,7	23,3	18,9	13,1	6,0	0,9
17	-0,7	1,0	5,7	13,0	18,7	21,6	23,3	22,9	18,5	12,8	5,8	0,7
18	-1,0	0,6	5,3	12,5	18,1	20,9	22,6	22,2	18,0	12,4	5,5	0,4
19	-1,5	0,1	4,7	11,7	17,2	20,0	21,7	21,4	17,2	11,7	5,1	0,0
20	-2,0	-0,5	4,0	10,8	16,1	18,9	20,7	20,4	16,3	11,0	4,5	-0,5
21	-2,7	-1,1	3,2	9,8	14,9	17,7	19,5	19,2	15,2	10,1	3,9	-1,0
22	-3,4	-1,8	2,4	8,7	13,6	16,4	18,3	18,0	14,1	9,1	3,3	-1,6
23	-4,1	-2,6	1,5	7,5	12,3	15,1	17,1	16,8	13,0	8,1	2,6	-2,2
24	-4,8	-3,3	0,6	6,4	11,1	14,0	15,9	15,6	11,8	7,1	1,9	-2,9

Продовження таблиці Л.1

Київ												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,5	-4,5	-0,3	6,9	12,4	15,3	17,2	16,6	12,0	7,0	1,2	-3,1
2	-5,9	-5,0	-0,8	6,2	11,6	14,5	16,4	15,8	11,2	6,3	0,8	-3,6
3	-6,4	-5,5	-1,3	5,5	11,0	14,0	15,8	15,1	10,6	5,7	0,4	-3,9
4	-6,7	-5,8	-1,7	5,1	10,6	13,6	15,3	14,6	10,0	5,2	0,1	-4,2
5	-7,0	-6,1	-2,1	4,7	10,3	13,5	15,1	14,3	9,6	4,8	-0,1	-4,5
6	-7,3	-6,3	-2,2	4,6	10,4	13,7	15,2	14,2	9,4	4,5	-0,3	-4,7
7	-7,4	-6,4	-2,3	4,8	10,9	14,4	15,7	14,5	9,4	4,4	-0,4	-4,8
8	-7,4	-6,4	-2,0	5,4	11,9	15,5	16,6	15,3	9,9	4,4	-0,4	-4,8
9	-7,2	-5,9	-1,3	6,6	13,2	16,8	17,9	16,6	10,9	4,9	-0,1	-4,6
10	-6,4	-5,0	-0,3	8,0	14,8	18,3	19,4	18,2	12,4	6,0	0,6	-4,0
11	-5,3	-3,9	1,0	9,6	16,4	19,8	21,0	19,8	14,1	7,5	1,5	-3,0
12	-4,1	-2,7	2,3	11,1	17,9	21,1	22,4	21,4	15,8	9,1	2,5	-2,0
13	-3,0	-1,7	3,3	12,3	19,1	22,2	23,5	22,7	17,2	10,5	3,4	-1,0
14	-2,2	-1,0	4,0	13,1	19,8	22,9	24,2	23,5	18,1	11,5	4,0	-0,4
15	-2,0	-0,8	4,3	13,4	20,1	23,1	24,5	23,8	18,4	11,8	4,2	-0,2
16	-2,0	-0,8	4,2	13,3	20,0	23,0	24,4	23,7	18,4	11,8	4,2	-0,2
17	-2,1	-1,0	4,1	13,0	19,6	22,6	24,1	23,4	18,1	11,6	4,1	-0,3
18	-2,4	-1,2	3,7	12,6	19,1	22,1	23,5	22,9	17,7	11,3	3,9	-0,5
19	-2,7	-1,5	3,3	12,0	18,4	21,3	22,8	22,2	17,1	10,8	3,6	-0,8
20	-3,0	-1,9	2,8	11,3	17,5	20,4	22,0	21,4	16,4	10,3	3,3	-1,1
21	-3,5	-2,4	2,3	10,5	16,5	19,4	21,1	20,5	15,6	9,7	2,9	-1,4
22	-3,9	-2,9	1,6	9,6	15,5	18,3	20,1	19,5	14,7	9,1	2,5	-1,9
23	-4,4	-3,5	1,0	8,7	14,4	17,2	19,0	18,5	13,8	8,4	2,1	-2,3
24	-4,9	-4,0	0,4	7,8	13,4	16,2	18,1	17,5	12,9	7,7	1,6	-2,7

Продовження таблиці Л.1

Кіровоград												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,8	-4,9	-0,6	6,7	11,9	15,2	17,1	16,7	12,2	6,7	1,3	-3,3
2	-6,3	-5,5	-1,3	5,8	10,9	14,2	16,2	15,6	11,2	5,9	0,8	-3,7
3	-6,8	-5,9	-1,8	5,0	10,1	13,5	15,4	14,8	10,4	5,1	0,3	-4,2
4	-7,3	-6,3	-2,3	4,4	9,6	13,0	14,9	14,2	9,7	4,5	-0,1	-4,5
5	-7,6	-6,7	-2,6	4,0	9,3	12,8	14,6	13,8	9,2	4,0	-0,5	-4,8
6	-7,9	-6,9	-2,8	3,8	9,3	13,0	14,7	13,7	9,0	3,6	-0,7	-5,1
7	-8,0	-7,0	-2,9	3,8	10,0	13,7	15,3	14,0	9,0	3,4	-0,8	-5,2
8	-8,1	-6,9	-2,6	4,6	11,2	14,9	16,5	15,1	9,7	3,4	-0,9	-5,3
9	-7,8	-6,4	-1,8	5,9	12,8	16,5	18,1	16,7	11,1	4,0	-0,6	-5,1
10	-6,9	-5,4	-0,6	7,6	14,7	18,4	19,9	18,6	13,0	5,5	0,2	-4,5
11	-5,6	-4,2	0,8	9,6	16,7	20,2	21,8	20,8	15,1	7,4	1,4	-3,4
12	-4,2	-2,9	2,2	11,5	18,5	21,9	23,6	22,7	17,2	9,5	2,8	-2,1
13	-2,9	-1,8	3,4	13,1	19,9	23,2	25,0	24,3	19,0	11,3	4,0	-1,0
14	-2,0	-1,1	4,2	14,1	20,8	24,1	25,9	25,4	20,1	12,6	4,8	-0,2
15	-1,7	-0,8	4,5	14,4	21,1	24,4	26,2	25,7	20,5	13,0	5,1	0,1
16	-1,8	-0,9	4,4	14,3	21,0	24,3	26,1	25,6	20,4	13,0	5,0	0,1
17	-1,9	-1,0	4,2	14,0	20,6	23,8	25,7	25,2	20,0	12,7	4,9	-0,1
18	-2,2	-1,3	3,9	13,5	19,9	23,2	25,0	24,6	19,5	12,3	4,7	-0,3
19	-2,5	-1,7	3,4	12,8	19,1	22,3	24,2	23,8	18,7	11,8	4,3	-0,6
20	-3,0	-2,1	2,9	11,9	18,0	21,2	23,1	22,7	17,8	11,1	3,9	-0,9
21	-3,5	-2,6	2,2	11,0	16,8	20,0	22,0	21,6	16,8	10,3	3,4	-1,4
22	-4,0	-3,2	1,5	9,9	15,5	18,8	20,7	20,3	15,6	9,4	2,9	-1,8
23	-4,6	-3,7	0,8	8,8	14,2	17,5	19,5	19,1	14,5	8,5	2,4	-2,3
24	-5,2	-4,3	0,1	7,8	13,0	16,3	18,3	17,8	13,3	7,6	1,8	-2,8

Продовження таблиці Л.1

Луганськ												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,8	-5,2	-0,2	7,7	12,8	16,2	18,7	17,7	12,8	6,9	1,4	-3,1
2	-6,4	-5,8	-0,9	6,8	11,7	15,2	17,6	16,5	11,7	6,1	0,9	-3,6
3	-7,0	-6,4	-1,5	5,9	10,8	14,3	16,7	15,5	10,7	5,3	0,4	-4,1
4	-7,5	-6,9	-2,0	5,2	10,1	13,7	16,0	14,8	9,8	4,5	-0,1	-4,5
5	-8,0	-7,3	-2,4	4,7	9,7	13,4	15,5	14,2	9,2	4,0	-0,4	-4,8
6	-8,3	-7,6	-2,7	4,5	9,6	13,5	15,4	14,0	9,4	3,5	-0,7	-5,1
7	-8,5	-7,7	-2,8	4,4	9,9	14,2	15,8	14,0	8,6	3,2	-0,9	-5,2
8	-8,5	-7,8	-2,8	5,0	11,1	15,5	16,9	14,9	8,9	3,1	-0,9	-5,3
9	-8,5	-7,4	-2,1	6,4	12,8	17,3	18,7	16,6	10,2	3,4	-0,8	-5,3
10	-7,7	-6,4	-0,9	8,2	15,0	19,4	20,9	18,8	12,2	4,7	0,0	-4,6
11	-6,3	-5,0	0,7	10,4	17,2	21,5	23,1	21,3	14,8	6,7	1,3	-3,5
12	-4,6	-3,4	2,3	12,5	19,4	23,5	25,3	23,7	17,4	9,1	2,7	-2,2
13	-2,9	-2,0	3,7	14,2	21,1	25,0	27,1	25,7	19,6	11,2	4,1	-0,9
14	-1,8	-1,0	4,7	15,4	22,3	26,0	28,2	27,0	21,1	12,8	5,0	0,0
15	-1,4	-0,6	5,0	15,8	22,6	26,4	28,6	27,5	21,6	13,3	5,3	0,3
16	-1,4	-0,7	5,0	15,7	22,5	26,2	28,5	27,4	21,5	13,2	5,3	0,3
17	-1,6	-0,8	4,8	15,4	22,1	25,8	28,0	27,0	21,1	13,0	5,1	0,2
18	-1,9	-1,1	4,4	14,8	21,4	25,1	27,3	26,3	20,5	12,6	4,9	-0,1
19	-2,2	-1,5	4,0	14,1	20,5	24,1	26,4	25,4	19,8	12,0	4,6	-0,4
20	-2,7	-2,0	3,4	13,2	19,4	23,0	25,3	24,3	18,8	11,3	4,1	-0,7
21	-3,3	-2,6	2,7	12,2	18,1	21,6	24,0	23,1	17,7	10,6	3,7	-1,1
22	-3,9	-3,2	2,0	11,1	16,8	20,3	22,7	21,7	16,5	9,7	3,1	-1,6
23	-4,5	-3,9	1,3	10,0	15,4	18,9	21,3	20,4	15,3	8,8	2,6	-2,1
24	-5,2	-4,5	0,5	8,8	14,1	17,5	20,0	19,0	14,0	7,9	2,0	-2,6

Продовження таблиці Л.1

Луцьк												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,1	-4,2	-0,5	5,7	10,6	13,4	15,1	14,6	11,0	6,5	1,5	-3,1
2	-5,6	-4,7	-1,1	4,9	9,7	12,6	14,3	13,7	10,2	5,8	1,1	-3,6
3	-6,0	-5,1	-1,6	4,3	9,1	12,0	13,6	13,0	9,4	5,2	0,7	-3,9
4	-6,4	-5,5	-2,0	3,8	8,7	11,7	13,2	12,5	8,9	4,6	0,4	-4,3
5	-6,7	-5,8	-2,3	3,5	8,6	11,6	13,1	12,3	8,5	4,2	0,1	-4,5
6	-6,9	-5,9	-2,5	3,4	8,8	12,0	13,4	12,3	8,3	3,9	-0,1	-4,7
7	-7,1	-6,0	-2,4	3,6	9,6	12,8	14,1	12,9	8,3	3,8	-0,2	-4,8
8	-7,1	-5,8	-2,0	4,5	10,8	14,0	15,3	14,0	9,0	3,8	-0,1	-4,8
9	-6,7	-5,1	-1,1	5,7	12,2	15,5	16,8	15,5	10,2	4,5	0,3	-4,5
10	-5,8	-4,1	0,1	7,3	13,9	17,1	18,4	17,3	11,8	5,8	1,1	-3,8
11	-4,7	-3,0	1,4	8,9	15,6	18,7	20,0	19,0	13,7	7,5	2,1	-2,8
12	-3,4	-1,9	2,7	10,5	17,0	20,1	21,5	20,7	15,4	9,2	3,2	-1,7
13	-2,3	-0,9	3,8	11,7	18,2	21,2	22,7	22,0	16,9	10,7	4,1	-0,8
14	-1,6	-0,2	4,5	12,6	19,0	22,0	23,4	22,9	17,8	11,7	4,8	-0,2
15	-1,3	0,0	4,7	12,8	19,2	22,2	23,7	23,1	18,1	12,0	5,0	0,0
16	-1,4	-0,1	4,6	12,7	19,1	22,1	23,6	23,0	18,0	12,0	5,0	0,0
17	-1,5	-0,2	4,4	12,4	18,7	21,7	23,2	22,6	17,8	11,8	4,8	-0,1
18	-1,7	-0,5	4,1	11,9	18,1	21,0	22,5	22,0	17,3	11,4	4,6	-0,3
19	-2,1	-0,9	3,6	11,3	17,2	20,1	21,7	21,2	16,6	10,9	4,3	-0,6
20	-2,5	-1,3	3,0	10,5	16,2	19,1	20,7	20,3	15,8	10,3	3,9	-0,9
21	-2,9	-1,8	2,4	9,6	15,1	18,0	19,6	19,2	14,9	9,6	3,5	-1,3
22	-3,5	-2,4	1,7	8,6	13,9	16,8	18,4	18,0	14,0	8,9	3,0	-1,8
23	-4,0	-3,0	0,9	7,6	12,7	15,6	17,2	16,8	13,0	8,1	2,5	-2,2
24	-4,5	-3,6	0,2	6,6	11,6	14,4	16,1	15,7	12,0	7,3	2,0	-2,7

Продовження таблиці Л.1

Львів												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,0	-3,9	-0,3	5,5	10,2	12,9	14,5	14,3	10,7	6,5	1,5	-3,1
2	-5,6	-4,5	-0,9	4,7	9,4	12,1	13,7	13,4	9,9	5,7	1,0	-3,6
3	-6,1	-5,0	-1,5	4,1	8,8	11,6	13,1	12,7	9,2	5,1	0,5	-4,0
4	-6,5	-5,4	-1,9	3,6	8,4	11,3	12,7	12,3	8,7	4,5	0,2	-4,3
5	-6,8	-5,7	-2,2	3,3	8,3	11,4	12,6	12,0	8,4	4,1	-0,1	-4,6
6	-7,0	-5,8	-2,4	3,2	8,6	11,8	12,9	12,1	8,2	3,8	-0,3	-4,8
7	-7,1	-5,9	-2,3	3,4	9,3	12,6	13,6	12,6	8,4	3,7	-0,4	-4,9
8	-7,1	-5,7	-1,8	4,3	10,4	13,8	14,7	13,7	9,1	3,9	-0,3	-4,8
9	-6,5	-5,0	-0,9	5,5	11,8	15,2	16,1	15,1	10,4	4,7	0,3	-4,4
10	-5,6	-3,9	0,4	7,1	13,4	16,7	17,7	16,8	11,9	6,1	1,2	-3,5
11	-4,3	-2,7	1,8	8,7	15,0	18,1	19,3	18,5	13,6	7,8	2,4	-2,5
12	-3,0	-1,5	3,1	10,3	16,4	19,4	20,7	20,0	15,3	9,5	3,5	-1,4
13	-1,9	-0,4	4,2	11,5	17,5	20,4	21,8	21,3	16,6	11,0	4,5	-0,4
14	-1,1	0,3	4,9	12,4	18,2	21,1	22,5	22,1	17,5	12,0	5,2	0,3
15	-0,9	0,5	5,2	12,6	18,5	21,3	22,8	22,4	17,8	12,3	5,4	0,5
16	-0,9	0,4	5,1	12,5	18,4	21,2	22,7	22,3	17,7	12,2	5,3	0,5
17	-1,1	0,3	4,9	12,2	18,0	20,8	22,3	21,9	17,4	12,0	5,2	0,3
18	-1,3	0,0	4,5	11,7	17,4	20,1	21,7	21,3	16,9	11,6	4,9	0,1
19	-1,7	-0,4	4,0	11,1	16,6	19,3	20,9	20,6	16,3	11,1	4,6	-0,2
20	-2,2	-0,9	3,4	10,3	15,6	18,3	19,9	19,6	15,5	10,4	4,2	-0,6
21	-2,7	-1,5	2,7	9,4	14,5	17,2	18,8	18,6	14,6	9,7	3,7	-1,1
22	-3,3	-2,1	2,0	8,4	13,4	16,0	17,7	17,5	13,6	8,9	3,1	-1,6
23	-3,8	-2,7	1,2	7,4	12,3	14,9	16,6	16,4	12,6	8,1	2,6	-2,1
24	-4,4	-3,3	0,5	6,4	11,2	13,8	15,5	15,3	11,7	7,3	2,0	-2,6

Продовження таблиці Л.1

Миколаїв												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-3,4	-2,6	1,4	8,1	13,4	17,1	19,6	19,1	14,5	9,0	3,4	-1,0
2	-3,9	-3,1	0,7	7,2	12,5	16,2	18,7	18,1	13,6	8,2	2,8	-1,5
3	-4,4	-3,6	0,2	6,5	11,8	15,5	17,9	17,3	12,8	7,5	2,4	-1,9
4	-4,8	-4,0	-0,3	6,0	11,3	15,1	17,4	16,7	12,2	6,9	1,9	-2,3
5	-5,2	-4,3	-0,6	5,6	11,0	14,9	17,2	16,4	11,7	6,4	1,6	-2,6
6	-5,4	-4,5	-0,8	5,4	11,1	15,0	17,2	16,3	11,6	6,1	1,4	-2,8
7	-5,5	-4,6	-0,9	5,4	11,7	15,7	17,8	16,6	11,5	5,9	1,2	-2,9
8	-5,6	-4,5	-0,6	6,1	12,7	16,9	18,9	17,6	12,2	5,9	1,2	-3,0
9	-5,3	-4,0	0,2	7,3	14,2	18,4	20,5	19,1	13,5	6,5	1,5	-2,8
10	-4,5	-3,1	1,4	8,9	16,0	20,1	22,2	21,0	15,2	7,8	2,3	-2,2
11	-3,3	-1,9	2,8	10,6	17,7	21,8	24,1	23,0	17,2	9,7	3,5	-1,1
12	-1,9	-0,7	4,2	12,4	19,4	23,4	25,7	24,9	19,1	11,6	4,9	0,1
13	-0,7	0,4	5,4	13,8	20,7	24,7	27,1	26,4	20,7	13,3	6,1	1,2
14	0,1	1,1	6,2	14,7	21,5	25,5	27,9	27,4	21,8	14,5	6,9	1,9
15	0,4	1,4	6,5	15,0	21,8	25,7	28,2	27,7	22,1	14,9	7,2	2,2
16	0,3	1,3	6,4	15,0	21,7	25,6	28,1	27,6	22,0	14,9	7,2	2,2
17	0,2	1,2	6,2	14,7	21,3	25,2	27,7	27,3	21,7	14,6	7,0	2,0
18	0,0	0,9	5,9	14,2	20,7	24,6	27,1	26,7	21,2	14,3	6,8	1,8
19	-0,4	0,6	5,4	13,5	19,9	23,8	26,3	25,9	20,5	13,7	6,5	1,5
20	-0,8	0,1	4,9	12,8	18,9	22,8	25,3	24,9	19,7	13,1	6,0	1,2
21	-1,3	-0,4	4,2	11,9	17,9	21,6	24,2	23,8	18,7	12,4	5,6	0,8
22	-1,8	-0,9	3,5	10,9	16,7	20,5	23,0	22,6	17,7	11,6	5,0	0,4
23	-2,3	-1,5	2,8	10,0	15,5	19,3	21,8	21,4	16,6	10,7	4,5	-0,1
24	-2,9	-2,0	2,1	9,0	14,4	18,1	20,7	20,2	15,5	9,9	3,9	-0,6

Продовження таблиці Л.1

Одеса												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-2,0	-1,4	1,9	7,7	13,4	17,3	19,8	19,6	15,4	10,3	5,0	0,4
2	-2,5	-1,9	1,4	7,1	12,8	16,7	19,1	18,9	14,7	9,8	4,5	0,0
3	-2,9	-2,2	1,0	6,7	12,3	16,2	18,6	18,3	14,1	9,3	4,1	-0,4
4	-3,3	-2,6	0,7	6,3	12,0	15,9	18,2	17,9	13,7	8,8	3,7	-0,8
5	-3,6	-2,8	0,5	6,1	11,9	15,9	18,0	17,6	13,3	8,5	3,4	-1,1
6	-3,8	-3,0	0,3	6,0	11,9	16,0	18,1	17,6	13,1	8,2	3,2	-1,3
7	-3,9	-3,1	0,3	6,1	12,3	16,6	18,5	17,8	13,1	8,1	3,1	-1,4
8	-3,9	-3,0	0,5	6,6	13,0	17,4	19,3	18,5	13,5	8,1	3,1	-1,4
9	-3,7	-2,6	1,0	7,4	13,9	18,4	20,4	19,6	14,4	8,5	3,5	-1,2
10	-3,0	-1,8	1,9	8,5	15,0	19,6	21,7	20,9	15,7	9,5	4,3	-0,5
11	-1,9	-0,9	2,9	9,6	16,1	20,8	23,0	22,3	17,2	10,8	5,4	0,5
12	-0,7	0,2	3,9	10,7	17,2	21,8	24,2	23,6	18,6	12,2	6,5	1,7
13	0,4	1,1	4,8	11,6	18,0	22,6	25,2	24,7	19,8	13,4	7,5	2,7
14	1,1	1,7	5,3	12,2	18,6	23,2	25,8	25,4	20,6	14,2	8,2	3,4
15	1,3	1,9	5,5	12,4	18,7	23,3	26,0	25,6	20,9	14,5	8,5	3,6
16	1,3	1,9	5,5	12,3	18,7	23,3	25,9	25,6	20,8	14,5	8,5	3,6
17	1,2	1,7	5,3	12,1	18,4	23,0	25,6	25,3	20,6	14,3	8,3	3,5
18	1,0	1,5	5,1	11,8	18,0	22,5	25,2	24,9	20,2	14,1	8,1	3,3
19	0,7	1,2	4,8	11,4	17,5	21,9	24,6	24,3	19,7	13,7	7,8	3,0
20	0,3	0,9	4,4	10,9	16,9	21,2	23,9	23,6	19,1	13,2	7,4	2,6
21	-0,1	0,4	3,9	10,3	16,2	20,4	23,1	22,9	18,4	12,7	7,0	2,2
22	-0,6	0,0	3,4	9,6	15,5	19,6	22,2	22,0	17,7	12,1	6,5	1,8
23	-1,1	-0,5	2,9	9,0	14,7	18,8	21,4	21,2	16,9	11,5	6,0	1,3
24	-1,5	-1,0	2,4	8,3	14,0	18,0	20,5	20,4	16,1	10,9	5,5	0,9

Продовження таблиці Л.1

Полтава												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-6,3	-5,6	-0,9	6,9	12,7	15,7	17,7	17,1	12,3	6,6	0,6	-3,8
2	-6,8	-6,1	-1,4	6,1	11,8	14,8	16,8	16,1	11,5	5,9	0,1	-4,3
3	-7,2	-6,6	-2,0	5,5	11,0	14,1	16,1	15,3	10,7	5,2	-0,3	-4,7
4	-7,6	-7,0	-2,4	4,9	10,5	13,6	15,6	14,7	10,1	4,7	-0,6	-5,0
5	-8,0	-7,3	-2,7	4,6	10,1	13,4	15,3	14,3	9,6	4,2	-0,9	-5,3
6	-8,3	-7,5	-2,9	4,4	10,0	13,4	15,2	14,2	9,3	3,9	-1,1	-5,5
7	-8,4	-7,7	-3,0	4,4	10,3	14,0	15,7	14,4	9,2	3,7	-1,3	-5,7
8	-8,5	-7,7	-2,8	5,0	11,3	15,1	16,7	15,2	9,6	3,6	-1,3	-5,7
9	-8,5	-7,3	-2,2	6,2	12,7	16,6	18,1	16,6	10,7	4,0	-1,0	-5,7
10	-7,8	-6,4	-1,2	7,7	14,5	18,3	19,8	18,5	12,3	5,1	-0,3	-5,1
11	-6,6	-5,2	0,1	9,4	16,3	20,0	21,6	20,4	14,3	6,8	0,7	-4,2
12	-5,2	-3,9	1,4	11,1	18,1	21,6	23,3	22,3	16,3	8,6	1,9	-3,0
13	-3,9	-2,8	2,6	12,4	19,5	22,9	24,6	23,9	17,9	10,3	2,9	-1,9
14	-3,0	-2,0	3,3	13,3	20,5	23,8	25,5	24,9	19,0	11,4	3,6	-1,1
15	-2,7	-1,7	3,6	13,6	20,8	24,0	25,8	25,2	19,4	11,8	3,9	-0,9
16	-2,7	-1,8	3,5	13,6	20,7	23,9	25,7	25,1	19,3	11,7	3,9	-0,9
17	-2,8	-1,9	3,4	13,3	20,3	23,6	25,3	24,8	19,0	11,5	3,7	-1,0
18	-3,1	-2,2	3,1	12,8	19,8	23,0	24,8	24,2	18,5	11,2	3,5	-1,2
19	-3,4	-2,5	2,7	12,2	19,0	22,2	24,0	23,5	17,9	10,7	3,2	-1,5
20	-3,8	-2,9	2,2	11,5	18,1	21,2	23,1	22,6	17,1	10,2	2,9	-1,8
21	-4,2	-3,4	1,6	10,6	17,1	20,1	22,0	21,5	16,3	9,5	2,5	-2,1
22	-4,7	-3,9	1,0	9,7	16,0	19,0	20,9	20,4	15,3	8,8	2,0	-2,5
23	-5,2	-4,5	0,4	8,8	14,8	17,8	19,8	19,3	14,3	8,1	1,5	-3,0
24	-5,7	-5,0	-0,3	7,8	13,7	16,7	18,7	18,2	13,3	7,3	1,1	-3,4

Продовження таблиці Л.1

Рівне												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,5	-4,6	-0,9	5,6	10,4	13,3	14,9	14,5	10,9	6,3	1,3	-3,4
2	-6,0	-5,1	-1,5	4,8	9,5	12,5	14,1	13,6	10,1	5,6	0,8	-3,8
3	-6,5	-5,6	-2,0	4,1	8,9	11,9	13,5	12,9	9,3	5,0	0,4	-4,2
4	-6,9	-5,9	-2,4	3,6	8,5	11,6	13,1	12,4	8,8	4,4	0,1	-4,5
5	-7,2	-6,2	-2,7	3,3	8,4	11,5	13,0	12,1	8,4	4,0	-0,2	-4,8
6	-7,4	-6,4	-2,8	3,2	8,6	11,9	13,2	12,2	8,2	3,7	-0,3	-5,0
7	-7,5	-6,4	-2,8	3,5	9,4	12,7	14,0	12,8	8,2	3,6	-0,4	-5,1
8	-7,5	-6,2	-2,3	4,3	10,6	13,9	15,1	13,8	8,9	3,6	-0,4	-5,1
9	-7,1	-5,6	-1,4	5,6	12,1	15,3	16,6	15,3	10,1	4,3	0,0	-4,7
10	-6,3	-4,6	-0,3	7,2	13,8	16,9	18,2	17,1	11,7	5,6	0,8	-4,0
11	-5,1	-3,4	1,0	8,8	15,5	18,5	19,8	18,8	13,6	7,3	1,8	-3,0
12	-3,8	-2,2	2,3	10,4	17,0	19,9	21,3	20,5	15,3	9,0	2,9	-1,9
13	-2,7	-1,2	3,3	11,7	18,2	21,0	22,4	21,8	16,8	10,5	3,8	-1,0
14	-1,9	-0,6	4,0	12,5	19,0	21,7	23,2	22,6	17,7	11,5	4,4	-0,3
15	-1,7	-0,4	4,2	12,8	19,2	21,9	23,4	22,9	18,0	11,8	4,6	-0,1
16	-1,7	-0,4	4,2	12,7	19,1	21,8	23,3	22,8	17,9	11,8	4,6	-0,1
17	-1,9	-0,6	4,0	12,4	18,7	21,4	22,9	22,4	17,7	11,6	4,5	-0,3
18	-2,1	-0,9	3,6	11,9	18,1	20,7	22,3	21,8	17,2	11,2	4,2	-0,5
19	-2,4	-1,2	3,1	11,2	17,2	19,9	21,5	21,0	16,5	10,7	3,9	-0,8
20	-2,9	-1,7	2,6	10,4	16,2	18,9	20,5	20,0	15,7	10,1	3,6	-1,1
21	-3,3	-2,2	1,9	9,5	15,0	17,7	19,4	19,0	14,8	9,4	3,2	-1,5
22	-3,8	-2,8	1,2	8,5	13,8	16,6	18,2	17,8	13,9	8,7	2,7	-2,0
23	-4,4	-3,4	0,5	7,5	12,6	15,4	17,0	16,6	12,9	7,9	2,2	-2,4
24	-4,9	-4,0	-0,2	6,5	11,4	14,3	15,9	15,5	11,9	7,1	1,7	-2,9

Продовження таблиці Л.1

Сімферополь												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-1,1	-0,7	2,1	7,7	12,3	16,0	18,8	18,5	14,5	9,6	5,0	1,4
2	-1,7	-1,3	1,3	6,8	11,3	15,1	17,9	17,5	13,6	8,8	4,4	0,8
3	-2,3	-1,9	0,6	6,0	10,5	14,3	17,1	16,6	12,7	8,0	3,7	0,3
4	-2,8	-2,4	0,1	5,4	9,9	13,8	16,5	16,0	12,0	7,3	3,2	-0,1
5	-3,2	-2,8	-0,4	4,9	9,6	13,5	16,2	15,5	11,5	6,8	2,8	-0,5
6	-3,5	-3,1	-0,7	4,7	9,5	13,6	16,2	15,4	11,2	6,4	2,5	-0,8
7	-3,7	-3,2	-0,8	4,8	9,8	14,2	16,7	15,6	11,1	6,1	2,3	-1,0
8	-3,8	-3,2	-0,6	5,5	10,8	15,3	17,7	16,5	11,5	6,1	2,2	-1,1
9	-3,7	-2,7	0,3	6,8	12,3	16,9	19,3	18,0	12,7	6,5	2,6	-1,1
10	-3,0	-1,6	1,7	8,6	14,1	18,7	21,1	20,0	14,5	7,9	3,7	-0,3
11	-1,6	-0,2	3,5	10,6	16,1	20,6	23,0	22,1	16,7	9,9	5,2	0,9
12	0,1	1,4	5,3	12,5	17,9	22,3	24,8	24,1	18,9	12,1	7,0	2,5
13	1,7	2,8	6,8	14,1	19,4	23,7	26,2	25,8	20,7	14,1	8,5	3,9
14	2,8	3,7	7,8	15,1	20,4	24,6	27,1	26,9	21,9	15,5	9,6	5,0
15	3,2	4,0	8,2	15,5	20,7	24,9	27,4	27,2	22,3	15,9	10,0	5,3
16	3,2	4,0	8,1	15,4	20,6	24,8	27,3	27,1	22,2	15,9	9,9	5,3
17	3,0	3,8	7,9	15,1	20,3	24,4	26,9	26,8	21,9	15,6	9,7	5,1
18	2,7	3,5	7,5	14,5	19,7	23,7	26,3	26,2	21,4	15,2	9,4	4,9
19	2,4	3,1	6,9	13,8	18,9	22,9	25,5	25,3	20,7	14,7	9,0	4,5
20	1,9	2,6	6,3	13,0	17,9	21,9	24,5	24,4	19,8	14,0	8,5	4,1
21	1,4	2,0	5,5	12,0	16,9	20,7	23,4	23,3	18,9	13,2	7,8	3,6
22	0,8	1,3	4,7	10,9	15,7	19,5	22,3	22,1	17,8	12,4	7,2	3,1
23	0,2	0,7	3,8	9,8	14,5	18,3	21,1	20,9	16,7	11,5	6,5	2,5
24	-0,5	0,0	2,9	8,8	13,4	17,1	19,9	19,6	15,6	10,6	5,7	2,0

Продовження таблиці Л.1

Суми												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-7,3	-6,8	-2,0	5,9	11,7	14,7	16,6	15,7	11,0	5,6	-0,3	-4,9
2	-7,9	-7,4	-2,7	5,1	10,7	13,8	15,7	14,7	10,0	4,8	-0,8	-5,3
3	-8,4	-7,9	-3,2	4,4	9,9	13,0	14,9	13,9	9,2	4,2	-1,2	-5,8
4	-8,8	-8,3	-3,6	3,8	9,3	12,5	14,4	13,3	8,6	3,6	-1,5	-6,1
5	-9,2	-8,7	-4,0	3,4	8,9	12,2	14,1	12,8	8,1	3,2	-1,8	-6,4
6	-9,5	-8,9	-4,2	3,2	8,8	12,3	14,0	12,7	7,8	2,8	-2,0	-6,7
7	-9,7	-9,1	-4,3	3,3	9,2	12,9	14,5	12,9	7,7	2,6	-2,2	-6,9
8	-9,8	-9,1	-4,1	3,9	10,2	14,0	15,5	13,7	8,1	2,6	-2,2	-6,9
9	-9,7	-8,6	-3,5	5,1	11,7	15,6	17,0	15,2	9,3	3,0	-1,9	-6,9
10	-9,0	-7,7	-2,3	6,8	13,6	17,4	18,8	17,1	11,0	4,1	-1,2	-6,3
11	-7,7	-6,3	-1,0	8,6	15,6	19,3	20,7	19,2	13,0	5,8	-0,2	-5,2
12	-6,2	-4,9	0,4	10,3	17,5	21,0	22,4	21,1	15,0	7,6	1,0	-4,0
13	-4,8	-3,7	1,6	11,7	19,0	22,4	23,8	22,7	16,7	9,3	2,0	-2,8
14	-3,8	-2,8	2,4	12,7	20,0	23,3	24,7	23,8	17,9	10,4	2,7	-2,0
15	-3,4	-2,5	2,7	13,0	20,4	23,6	25,0	24,1	18,3	10,8	3,0	-1,7
16	-3,5	-2,6	2,6	12,9	20,3	23,5	24,9	24,0	18,2	10,8	3,0	-1,7
17	-3,6	-2,7	2,4	12,6	19,9	23,1	24,5	23,7	17,9	10,6	2,8	-1,8
18	-3,9	-3,0	2,1	12,1	19,3	22,4	23,9	23,1	17,4	10,2	2,6	-2,0
19	-4,2	-3,4	1,7	11,5	18,5	21,6	23,1	22,3	16,8	9,8	2,3	-2,3
20	-4,6	-3,8	1,2	10,7	17,5	20,6	22,2	21,4	16,0	9,2	2,0	-2,6
21	-5,1	-4,4	0,6	9,8	16,4	19,4	21,1	20,3	15,0	8,6	1,6	-3,0
22	-5,6	-5,0	0,0	8,8	15,2	18,2	19,9	19,1	14,0	7,8	1,1	-3,5
23	-6,2	-5,6	-0,7	7,9	14,0	17,0	18,8	18,0	13,0	7,1	0,6	-3,9
24	-6,7	-6,2	-1,4	6,9	12,8	15,8	17,6	16,8	12,0	6,3	0,2	-4,4

Продовження таблиці Л.1

Тернопіль												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,9	-4,9	-1,2	5,1	10,1	13,0	14,5	14,1	10,5	6,0	0,9	-3,9
2	-6,5	-5,5	-1,9	4,3	9,2	12,1	13,7	13,2	9,6	5,2	0,4	-4,4
3	-7,0	-5,9	-2,4	3,6	8,6	11,6	13,1	12,5	8,9	4,5	0,0	-4,8
4	-7,4	-6,3	-2,8	3,1	8,2	11,2	12,7	12,0	8,3	3,9	-0,4	-5,2
5	-7,7	-6,6	-3,1	2,8	8,1	11,2	12,6	11,8	7,9	3,5	-0,6	-5,5
6	-8,0	-6,8	-3,3	2,7	8,3	11,5	12,8	11,8	7,7	3,1	-0,8	-5,7
7	-8,1	-6,8	-3,2	2,9	9,1	12,4	13,6	12,4	7,7	3,0	-0,9	-5,8
8	-8,1	-6,6	-2,7	3,8	10,3	13,5	14,7	13,5	8,4	3,1	-0,9	-5,8
9	-7,7	-5,9	-1,8	5,1	11,8	15,0	16,2	15,0	9,7	3,8	-0,4	-5,4
10	-6,8	-4,9	-0,6	6,7	13,5	16,6	17,8	16,8	11,4	5,2	0,4	-4,6
11	-5,5	-3,7	0,7	8,5	15,2	18,2	19,4	18,5	13,3	7,0	1,5	-3,5
12	-4,2	-2,5	2,0	10,1	16,7	19,6	20,9	20,2	15,1	8,9	2,6	-2,4
13	-3,0	-1,5	3,1	11,4	17,9	20,7	22,0	21,5	16,6	10,5	3,6	-1,4
14	-2,1	-0,8	3,8	12,3	18,7	21,4	22,8	22,4	17,6	11,7	4,3	-0,7
15	-1,9	-0,6	4,1	12,5	18,9	21,6	23,0	22,6	17,9	12,0	4,5	-0,4
16	-1,9	-0,6	4,0	12,4	18,8	21,5	22,9	22,5	17,8	12,0	4,5	-0,4
17	-2,1	-0,8	3,8	12,1	18,4	21,1	22,5	22,1	17,5	11,7	4,4	-0,6
18	-2,3	-1,1	3,4	11,6	17,8	20,5	21,9	21,5	17,0	11,3	4,1	-0,8
19	-2,7	-1,5	3,0	10,9	16,9	19,6	21,1	20,7	16,4	10,8	3,8	-1,1
20	-3,1	-1,9	2,4	10,1	15,9	18,6	20,1	19,8	15,5	10,1	3,4	-1,5
21	-3,6	-2,5	1,7	9,1	14,7	17,5	19,0	18,7	14,6	9,4	2,9	-1,9
22	-4,2	-3,1	1,0	8,1	13,5	16,3	17,8	17,5	13,6	8,6	2,5	-2,4
23	-4,8	-3,7	0,2	7,1	12,3	15,1	16,6	16,3	12,5	7,7	1,9	-2,9
24	-5,4	-4,3	-0,5	6,1	11,1	14,0	15,5	15,2	11,5	6,9	1,4	-3,4

Продовження таблиці Л.1

Ужгород												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-3,5	-1,6	2,7	8,2	12,3	15,0	16,8	16,6	13,0	8,5	3,5	-1,4
2	-4,1	-2,2	2,0	7,3	11,5	14,1	15,9	15,7	12,0	7,6	3,0	-1,9
3	-4,6	-2,8	1,3	6,5	10,8	13,6	15,2	14,9	11,3	6,9	2,5	-2,3
4	-5,0	-3,2	0,8	6,0	10,4	13,3	14,8	14,4	10,7	6,2	2,1	-2,7
5	-5,3	-3,6	0,5	5,7	10,3	13,3	14,7	14,1	10,3	5,8	1,8	-3,0
6	-5,6	-3,8	0,3	5,6	10,5	13,8	14,9	14,2	10,1	5,4	1,5	-3,2
7	-5,7	-3,8	0,3	5,9	11,3	14,7	15,7	14,8	10,3	5,3	1,5	-3,3
8	-5,6	-3,6	0,9	6,8	12,5	16,0	17,0	15,9	11,1	5,5	1,6	-3,2
9	-5,1	-2,8	2,0	8,2	14,1	17,5	18,6	17,5	12,5	6,5	2,2	-2,8
10	-4,0	-1,6	3,5	9,9	15,8	19,1	20,3	19,3	14,3	8,0	3,3	-1,9
11	-2,7	-0,2	5,1	11,7	17,5	20,7	22,0	21,2	16,2	10,0	4,5	-0,8
12	-1,4	1,2	6,7	13,4	19,1	22,1	23,6	22,9	18,1	11,9	5,8	0,4
13	-0,2	2,4	8,0	14,8	20,3	23,2	24,9	24,3	19,6	13,6	6,9	1,4
14	0,6	3,2	8,8	15,7	21,1	23,9	25,7	25,2	20,6	14,7	7,7	2,1
15	0,9	3,4	9,1	16,0	21,3	24,1	25,9	25,5	20,9	15,1	7,9	2,3
16	0,8	3,4	9,1	15,9	21,2	24,0	25,8	25,4	20,8	15,0	7,9	2,2
17	0,7	3,2	8,8	15,6	20,8	23,6	25,4	25,0	20,5	14,7	7,7	2,1
18	0,4	2,8	8,4	15,1	20,1	22,9	24,7	24,3	19,9	14,3	7,4	1,9
19	0,0	2,4	7,8	14,3	19,3	22,0	23,8	23,5	19,2	13,7	7,0	1,5
20	-0,5	1,8	7,1	13,4	18,2	20,9	22,8	22,5	18,3	13,0	6,5	1,1
21	-1,0	1,2	6,3	12,4	17,0	19,7	21,6	21,3	17,3	12,2	6,0	0,7
22	-1,6	0,5	5,4	11,4	15,8	18,4	20,3	20,1	16,2	11,3	5,4	0,2
23	-2,2	-0,2	4,5	10,3	14,6	17,1	19,1	18,9	15,1	10,3	4,8	-0,4
24	-2,9	-0,9	3,6	9,2	13,4	16,0	17,9	17,7	14,0	9,4	4,2	-0,9

Продовження таблиці Л.1

Харків												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-6,6	-6,0	-1,2	6,9	12,8	16,0	17,9	17,2	12,2	6,4	0,3	-4,3
2	-7,1	-6,5	-1,7	6,1	11,9	15,1	17,1	16,3	11,3	5,7	-0,1	-4,7
3	-7,5	-7,0	-2,2	5,4	11,1	14,4	16,4	15,5	10,6	5,1	-0,5	-5,1
4	-7,9	-7,4	-2,6	4,8	10,6	14,0	15,9	15,0	10,0	4,5	-0,9	-5,4
5	-8,3	-7,7	-2,9	4,5	10,2	13,7	15,6	14,6	9,5	4,1	-1,2	-5,7
6	-8,6	-7,9	-3,2	4,3	10,1	13,8	15,5	14,4	9,2	3,7	-1,4	-6,0
7	-8,7	-8,1	-3,2	4,3	10,4	14,3	16,0	14,6	9,2	3,5	-1,5	-6,1
8	-8,8	-8,1	-3,1	5,0	11,4	15,4	16,9	15,4	9,5	3,5	-1,5	-6,2
9	-8,8	-7,7	-2,5	6,1	12,8	16,8	18,4	16,8	10,6	3,9	-1,3	-6,1
10	-8,1	-6,8	-1,4	7,7	14,6	18,5	20,0	18,5	12,2	5,0	-0,6	-5,6
11	-6,9	-5,6	-0,2	9,4	16,4	20,2	21,8	20,4	14,1	6,6	0,4	-4,6
12	-5,5	-4,3	1,1	11,1	18,2	21,7	23,4	22,2	16,0	8,4	1,6	-3,4
13	-4,2	-3,2	2,2	12,5	19,6	23,0	24,7	23,7	17,6	10,0	2,6	-2,3
14	-3,3	-2,4	3,0	13,4	20,6	23,8	25,6	24,7	18,7	11,1	3,3	-1,5
15	-3,0	-2,1	3,2	13,7	20,9	24,1	25,9	25,0	19,0	11,5	3,5	-1,2
16	-3,0	-2,2	3,2	13,7	20,8	24,0	25,8	24,9	19,0	11,5	3,5	-1,2
17	-3,1	-2,3	3,0	13,4	20,4	23,6	25,4	24,6	18,7	11,3	3,4	-1,4
18	-3,4	-2,6	2,7	12,9	19,9	23,0	24,9	24,0	18,2	10,9	3,2	-1,6
19	-3,7	-2,9	2,3	12,3	19,1	22,3	24,1	23,3	17,6	10,5	2,9	-1,8
20	-4,1	-3,3	1,8	11,5	18,2	21,3	23,2	22,4	16,9	9,9	2,5	-2,1
21	-4,5	-3,8	1,3	10,7	17,2	20,3	22,2	21,4	16,0	9,3	2,1	-2,5
22	-5,0	-4,3	0,7	9,7	16,1	19,2	21,1	20,4	15,1	8,6	1,7	-2,9
23	-5,5	-4,9	0,1	8,8	14,9	18,1	20,0	19,3	14,1	7,9	1,2	-3,4
24	-6,0	-5,4	-0,5	7,8	13,8	17,0	18,9	18,2	13,1	7,1	0,8	-3,8

Продовження таблиці Л.1

Херсон												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-3,4	-2,6	1,3	7,8	12,8	16,5	19,1	18,5	14,0	8,6	3,4	-0,9
2	-3,9	-3,2	0,6	6,9	11,9	15,5	18,1	17,4	13,0	7,8	2,8	-1,4
3	-4,4	-3,6	0,0	6,1	11,1	14,8	17,3	16,5	12,1	7,0	2,3	-1,8
4	-4,8	-4,0	-0,5	5,5	10,6	14,3	16,8	15,9	11,4	6,3	1,9	-2,2
5	-5,2	-4,4	-0,9	5,0	10,3	14,1	16,5	15,5	10,9	5,8	1,5	-2,6
6	-5,4	-4,6	-1,1	4,8	10,4	14,3	16,5	15,4	10,8	5,4	1,2	-2,8
7	-5,6	-4,7	-1,1	4,9	11,0	15,0	17,2	15,7	10,7	5,2	1,1	-3,0
8	-5,6	-4,6	-0,8	5,6	12,2	16,3	18,4	16,8	11,4	5,2	1,0	-3,0
9	-5,3	-4,1	0,0	6,9	13,8	17,9	20,0	18,5	12,9	5,9	1,3	-2,9
10	-4,5	-3,1	1,3	8,7	15,6	19,8	21,9	20,5	14,8	7,3	2,2	-2,2
11	-3,2	-1,9	2,8	10,6	17,5	21,6	23,9	22,7	16,9	9,3	3,6	-1,0
12	-1,8	-0,6	4,3	12,5	19,3	23,4	25,7	24,7	19,0	11,4	5,0	0,3
13	-0,5	0,5	5,6	14,0	20,7	24,7	27,1	26,4	20,8	13,3	6,4	1,5
14	0,3	1,2	6,4	15,0	21,6	25,6	28,0	27,5	21,9	14,6	7,3	2,3
15	0,6	1,5	6,7	15,4	21,9	25,9	28,3	27,8	22,3	15,0	7,6	2,6
16	0,6	1,4	6,7	15,3	21,8	25,8	28,2	27,7	22,2	15,0	7,5	2,6
17	0,4	1,3	6,5	15,0	21,4	25,3	27,8	27,3	21,9	14,7	7,4	2,5
18	0,2	1,0	6,1	14,5	20,7	24,7	27,1	26,7	21,3	14,3	7,1	2,2
19	-0,2	0,6	5,6	13,8	19,9	23,8	26,3	25,8	20,6	13,7	6,7	1,9
20	-0,6	0,2	5,0	12,9	18,8	22,7	25,2	24,7	19,6	13,0	6,3	1,6
21	-1,1	-0,3	4,3	11,9	17,7	21,5	24,0	23,5	18,6	12,2	5,8	1,1
22	-1,6	-0,9	3,6	10,9	16,4	20,2	22,7	22,3	17,4	11,4	5,2	0,6
23	-2,2	-1,4	2,8	9,8	15,2	18,9	21,4	21,0	16,3	10,5	4,6	0,1
24	-2,8	-2,0	2,0	8,8	14,0	17,6	20,2	19,7	15,1	9,5	4,0	-0,4

Продовження таблиці Л.1

Хмельницький												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,8	-4,8	-1,0	5,4	10,5	13,4	15,1	14,6	10,8	6,1	1,0	-3,7
2	-6,3	-5,3	-1,6	4,6	9,6	12,6	14,3	13,7	9,9	5,4	0,5	-4,1
3	-6,8	-5,8	-2,1	3,9	8,9	12,0	13,6	12,9	9,1	4,7	0,1	-4,5
4	-7,2	-6,1	-2,5	3,4	8,5	11,7	13,2	12,4	8,5	4,1	-0,3	-4,8
5	-7,6	-6,4	-2,8	3,1	8,4	11,6	13,1	12,2	8,0	3,6	-0,5	-5,1
6	-7,8	-6,6	-3,0	3,0	8,7	12,0	13,4	12,2	7,8	3,3	-0,7	-5,3
7	-7,9	-6,6	-2,9	3,2	9,5	12,8	14,1	12,8	7,9	3,2	-0,8	-5,4
8	-7,9	-6,4	-2,5	4,1	10,7	14,0	15,3	13,9	8,6	3,2	-0,8	-5,4
9	-7,5	-5,8	-1,6	5,4	12,2	15,4	16,8	15,5	9,9	4,0	-0,3	-5,1
10	-6,6	-4,8	-0,4	7,0	13,9	17,0	18,4	17,2	11,7	5,4	0,5	-4,3
11	-5,4	-3,6	0,9	8,8	15,6	18,6	20,0	19,1	13,6	7,1	1,6	-3,3
12	-4,1	-2,4	2,2	10,4	17,1	20,0	21,5	20,7	15,5	9,0	2,7	-2,2
13	-2,9	-1,4	3,3	11,7	18,3	21,1	22,7	22,1	17,0	10,6	3,7	-1,2
14	-2,1	-0,8	4,0	12,6	19,1	21,8	23,4	22,9	18,0	11,7	4,4	-0,6
15	-1,9	-0,6	4,2	12,8	19,4	22,0	23,7	23,2	18,4	12,0	4,6	-0,4
16	-1,9	-0,6	4,1	12,7	19,3	21,9	23,6	23,1	18,3	12,0	4,6	-0,4
17	-2,1	-0,8	3,9	12,4	18,9	21,5	23,2	22,7	18,0	11,7	4,5	-0,5
18	-2,3	-1,1	3,6	11,9	18,2	20,8	22,5	22,1	17,5	11,3	4,2	-0,7
19	-2,7	-1,4	3,1	11,2	17,3	20,0	21,7	21,3	16,8	10,8	3,9	-1,0
20	-3,1	-1,9	2,5	10,4	16,3	19,0	20,7	20,3	15,9	10,2	3,5	-1,4
21	-3,6	-2,4	1,9	9,4	15,1	17,8	19,6	19,2	14,9	9,5	3,0	-1,8
22	-4,1	-3,0	1,2	8,4	13,9	16,7	18,4	18,0	13,9	8,7	2,6	-2,2
23	-4,7	-3,6	0,4	7,4	12,7	15,5	17,2	16,8	12,8	7,8	2,0	-2,7
24	-5,3	-4,2	-0,3	6,4	11,5	14,4	16,1	15,7	11,8	7,0	1,5	-3,2

Продовження таблиці Л.1

Черкаси												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,9	-5,0	-0,7	6,7	12,0	15,0	16,9	16,4	11,8	6,5	1,2	-3,4
2	-6,4	-5,6	-1,3	5,8	11,1	14,1	16,0	15,4	10,8	5,7	0,7	-3,8
3	-6,9	-6,1	-1,8	5,1	10,3	13,4	15,3	14,6	10,0	5,0	0,3	-4,3
4	-7,4	-6,5	-2,3	4,5	9,8	12,9	14,7	14,0	9,3	4,4	-0,1	-4,6
5	-7,7	-6,8	-2,6	4,1	9,5	12,7	14,5	13,6	8,8	3,9	-0,4	-4,9
6	-8,0	-7,0	-2,8	3,9	9,6	12,9	14,5	13,5	8,7	3,5	-0,7	-5,2
7	-8,1	-7,1	-2,9	4,0	10,2	13,6	15,1	13,9	8,6	3,3	-0,8	-5,3
8	-8,2	-7,1	-2,6	4,7	11,3	14,8	16,3	14,9	9,3	3,3	-0,8	-5,4
9	-7,9	-6,5	-1,8	5,9	12,9	16,4	17,8	16,4	10,7	3,9	-0,6	-5,2
10	-7,0	-5,6	-0,7	7,5	14,7	18,2	19,6	18,3	12,5	5,3	0,2	-4,6
11	-5,7	-4,3	0,7	9,4	16,6	20,0	21,5	20,3	14,6	7,1	1,4	-3,5
12	-4,3	-3,0	2,1	11,1	18,3	21,6	23,2	22,2	16,7	9,1	2,6	-2,2
13	-3,0	-1,9	3,2	12,6	19,7	23,0	24,6	23,7	18,3	10,9	3,8	-1,1
14	-2,1	-1,1	4,0	13,6	20,6	23,8	25,4	24,7	19,5	12,1	4,6	-0,3
15	-1,8	-0,9	4,3	13,9	20,9	24,1	25,7	25,1	19,8	12,5	4,8	0,0
16	-1,9	-0,9	4,2	13,8	20,8	24,0	25,6	25,0	19,7	12,5	4,8	0,0
17	-2,0	-1,1	4,0	13,5	20,4	23,6	25,2	24,6	19,4	12,2	4,7	-0,2
18	-2,3	-1,3	3,7	13,0	19,7	22,9	24,6	24,0	18,9	11,8	4,4	-0,4
19	-2,6	-1,7	3,2	12,3	18,9	22,0	23,8	23,2	18,1	11,3	4,1	-0,7
20	-3,1	-2,2	2,7	11,6	17,9	21,0	22,8	22,2	17,2	10,7	3,7	-1,0
21	-3,6	-2,7	2,1	10,6	16,7	19,8	21,6	21,1	16,2	9,9	3,3	-1,5
22	-4,1	-3,3	1,4	9,7	15,5	18,6	20,4	19,9	15,1	9,1	2,8	-1,9
23	-4,7	-3,8	0,7	8,7	14,3	17,3	19,2	18,7	14,0	8,2	2,3	-2,4
24	-5,3	-4,4	0,0	7,7	13,1	16,1	18,0	17,5	12,9	7,4	1,7	-2,9

Продовження таблиці Л.1

Чернівці												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-5,0	-3,6	0,3	6,4	11,3	14,3	16,0	15,4	11,8	7,2	1,7	-3,0
2	-5,6	-4,1	-0,4	5,5	10,4	13,5	15,2	14,6	10,9	6,3	1,1	-3,5
3	-6,1	-4,6	-0,9	4,9	9,8	12,9	14,6	13,9	10,2	5,6	0,6	-3,9
4	-6,5	-5,0	-1,4	4,3	9,4	12,6	14,2	13,4	9,6	5,0	0,2	-4,3
5	-6,8	-5,3	-1,7	4,0	9,3	12,6	14,1	13,2	9,1	4,5	-0,1	-4,6
6	-7,0	-5,4	-1,8	3,9	9,6	12,9	14,3	13,2	8,9	4,2	-0,3	-4,8
7	-7,2	-5,5	-1,8	4,2	10,3	13,7	15,1	13,8	9,0	4,0	-0,4	-4,9
8	-7,2	-5,3	-1,3	5,1	11,4	14,9	16,2	14,8	9,7	4,1	-0,4	-4,9
9	-6,8	-4,6	-0,3	6,4	12,9	16,3	17,6	16,3	11,0	4,9	0,2	-4,5
10	-5,8	-3,6	0,9	8,0	14,5	17,8	19,1	18,0	12,7	6,4	1,1	-3,7
11	-4,6	-2,4	2,4	9,8	16,1	19,3	20,6	19,7	14,6	8,2	2,4	-2,6
12	-3,3	-1,2	3,7	11,4	17,6	20,7	22,0	21,3	16,4	10,2	3,7	-1,3
13	-2,1	-0,2	4,8	12,7	18,7	21,7	23,1	22,5	17,9	11,8	4,8	-0,3
14	-1,3	0,5	5,6	13,6	19,4	22,4	23,9	23,4	18,9	13,0	5,6	0,5
15	-1,0	0,7	5,8	13,9	19,7	22,6	24,1	23,6	19,3	13,4	5,8	0,7
16	-1,1	0,6	5,8	13,8	19,6	22,5	24,0	23,5	19,2	13,3	5,8	0,7
17	-1,2	0,5	5,5	13,5	19,2	22,1	23,6	23,2	18,9	13,1	5,6	0,6
18	-1,5	0,2	5,2	12,9	18,6	21,5	23,0	22,6	18,4	12,7	5,4	0,3
19	-1,8	-0,2	4,7	12,3	17,7	20,7	22,2	21,8	17,7	12,1	5,0	0,0
20	-2,3	-0,7	4,0	11,4	16,8	19,7	21,3	20,9	16,9	11,4	4,5	-0,4
21	-2,8	-1,2	3,3	10,5	15,7	18,6	20,2	19,8	15,9	10,7	4,0	-0,9
22	-3,3	-1,8	2,6	9,4	14,5	17,5	19,1	18,7	14,9	9,8	3,4	-1,4
23	-3,9	-2,4	1,8	8,4	13,4	16,3	18,0	17,6	13,8	8,9	2,9	-1,9
24	-4,5	-3,0	1,0	7,4	12,3	15,3	16,9	16,5	12,8	8,0	2,3	-2,4

Продовження таблиці Л.1

Чернігів												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	-6,8	-6,0	-1,5	5,7	11,2	14,0	16,1	15,2	10,7	5,6	0,2	-4,2
2	-7,4	-6,7	-2,2	4,9	10,2	13,1	15,2	14,2	9,7	4,8	-0,3	-4,7
3	-7,9	-7,2	-2,7	4,2	9,5	12,5	14,5	13,4	8,9	4,1	-0,7	-5,1
4	-8,3	-7,7	-3,2	3,6	8,9	12,0	14,0	12,8	8,2	3,5	-1,0	-5,5
5	-8,7	-8,0	-3,5	3,3	8,7	11,9	13,7	12,5	7,8	3,0	-1,3	-5,8
6	-9,0	-8,3	-3,7	3,1	8,7	12,2	13,8	12,4	7,5	2,7	-1,5	-6,0
7	-9,1	-8,4	-3,8	3,3	9,3	13,0	14,4	12,7	7,5	2,5	-1,6	-6,1
8	-9,2	-8,3	-3,5	4,0	10,5	14,3	15,5	13,7	8,1	2,5	-1,6	-6,1
9	-8,9	-7,7	-2,7	5,3	12,1	15,8	17,0	15,2	9,3	3,1	-1,3	-5,9
10	-8,0	-6,6	-1,5	6,9	13,9	17,6	18,7	17,1	11,1	4,4	-0,5	-5,2
11	-6,6	-5,3	-0,1	8,7	15,8	19,4	20,5	19,1	13,2	6,2	0,6	-4,1
12	-5,2	-3,8	1,3	10,3	17,5	20,9	22,2	21,0	15,2	8,1	1,7	-2,9
13	-3,8	-2,6	2,5	11,7	18,9	22,2	23,5	22,5	16,8	9,8	2,7	-1,8
14	-2,9	-1,7	3,3	12,6	19,8	23,0	24,4	23,5	18,0	10,9	3,4	-1,1
15	-2,6	-1,4	3,6	12,9	20,1	23,3	24,7	23,8	18,3	11,3	3,6	-0,9
16	-2,7	-1,5	3,5	12,8	20,0	23,2	24,6	23,7	18,2	11,3	3,6	-0,9
17	-2,8	-1,6	3,3	12,5	19,6	22,7	24,2	23,4	17,9	11,0	3,5	-1,0
18	-3,1	-2,0	3,0	12,0	19,0	22,1	23,6	22,8	17,4	10,7	3,2	-1,2
19	-3,5	-2,4	2,5	11,3	18,1	21,2	22,8	22,0	16,7	10,2	2,9	-1,5
20	-3,9	-2,9	2,0	10,5	17,1	20,1	21,8	21,0	15,9	9,5	2,6	-1,9
21	-4,4	-3,4	1,3	9,6	15,9	18,9	20,7	19,9	14,9	8,8	2,1	-2,3
22	-5,0	-4,1	0,6	8,6	14,7	17,6	19,5	18,7	13,9	8,0	1,7	-2,8
23	-5,6	-4,7	-0,1	7,6	13,5	16,3	18,3	17,5	12,8	7,2	1,2	-3,3
24	-6,2	-5,4	-0,8	6,6	12,3	15,1	17,2	16,3	11,7	6,4	0,7	-3,7

Закінчення таблиці Л.1

Ялта												
Година	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
1	3,3	3,1	4,4	8,2	12,9	16,6	20,6	20,4	16,8	12,2	8,4	5,4
2	2,7	2,5	3,6	7,3	11,9	15,7	19,7	19,4	15,9	11,4	7,8	4,8
3	2,1	1,9	2,9	6,5	11,1	14,9	18,9	18,5	15,0	10,6	7,1	4,3
4	1,6	1,4	2,4	5,9	10,5	14,4	18,3	17,9	14,3	9,9	6,6	3,9
5	1,2	1,0	1,9	5,4	10,2	14,1	18,0	17,4	13,8	9,4	6,2	3,5
6	0,9	0,7	1,6	5,2	10,1	14,2	18,0	17,3	13,5	9,0	5,9	3,2
7	0,7	0,6	1,5	5,3	10,4	14,8	18,5	17,5	13,4	8,7	5,7	3,0
8	0,6	0,6	1,7	6,0	11,4	15,9	19,5	18,4	13,8	8,7	5,6	2,9
9	0,7	1,1	2,6	7,3	12,9	17,5	21,1	19,9	15,0	9,1	6,0	2,9
10	1,4	2,2	4,0	9,1	14,7	19,3	22,9	21,9	16,8	10,5	7,1	3,7
11	2,8	3,6	5,8	11,1	16,7	21,2	24,8	24,0	19,0	12,5	8,6	4,9
12	4,5	5,2	7,6	13,0	18,5	22,9	26,6	26,0	21,2	14,7	10,4	6,5
13	6,1	6,6	9,1	14,6	20,0	24,3	28,0	27,7	23,0	16,7	11,9	7,9
14	7,2	7,5	10,1	15,6	21,0	25,2	28,9	28,8	24,2	18,1	13,0	9,0
15	7,6	7,8	10,5	16,0	21,3	25,5	29,2	29,1	24,6	18,5	13,4	9,3
16	7,6	7,8	10,4	15,9	21,2	25,4	29,1	29,0	24,5	18,5	13,3	9,3
17	7,4	7,6	10,2	15,6	20,9	25,0	28,7	28,7	24,2	18,2	13,1	9,1
18	7,1	7,3	9,8	15,0	20,3	24,3	28,1	28,1	23,7	17,8	12,8	8,9
19	6,8	6,9	9,2	14,3	19,5	23,5	27,3	27,2	23,0	17,3	12,4	8,5
20	6,3	6,4	8,6	13,5	18,5	22,5	26,3	26,3	22,1	16,6	11,9	8,1
21	5,8	5,8	7,8	12,5	17,5	21,3	25,2	25,2	21,2	15,8	11,2	7,6
22	5,2	5,1	7,0	11,4	16,3	20,1	24,1	24,0	20,1	15,0	10,6	7,1
23	4,6	4,5	6,1	10,3	15,1	18,9	22,9	22,8	19,0	14,1	9,9	6,5
24	3,9	3,8	5,2	9,3	14,0	17,7	21,7	21,5	17,9	13,2	9,1	6,0

ДОДАТОК М

Таблиця М.1

СЕРЕДНЬОМІСЯЧНА СУМАРНА СОНЯЧНА РАДІАЦІЯ, ЩО НАДХОДИТЬ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУ ТА ВЕРТИКАЛЬНУ ПОВЕРХНІ РІЗНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ЗА СЕРЕДНІХ УМОВ ХМАРНОСТІ

Місто	Місяць	Сонячна радіація, Вт/м^2								
		поверхня								
		вертикальна								горизонтальна
		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вінниця	I	14	15	21	37	48	39	23	15	34
	II	22	24	35	55	68	58	37	24	59
	III	34	40	56	75	85	78	59	40	99
	IV	39	52	74	88	87	84	71	51	145
	V	53	76	99	102	93	101	93	64	202
	VI	62	81	105	100	88	99	97	81	215
	VII	59	80	104	101	91	98	98	78	207
	VIII	43	64	96	102	99	102	85	62	180
	IX	28	41	70	91	102	92	66	41	133
	X	19	22	40	65	79	65	39	21	75
	XI	10	11	18	32	41	33	18	11	33
	XII	10	10	15	27	35	28	15	10	24
Дніпропетровськ	I	13	13	21	37	50	40	25	13	33
	II	23	24	36	58	72	62	38	24	63
	III	31	38	57	79	91	83	61	39	108
	IV	40	56	81	97	99	94	78	55	159
	V	55	81	108	112	102	110	101	79	221
	VI	67	94	119	114	98	113	112	90	247
	VII	61	87	116	115	101	112	111	86	236
	VIII	44	69	108	118	111	117	96	68	204
	IX	29	46	81	109	122	110	76	46	154
	X	18	22	46	77	95	77	44	22	84
	XI	10	12	20	38	49	39	20	12	37
	XII	9	9	15	28	36	29	15	9	24

Продовження таблиці М.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Донецьк	I	12	13	19	32	42	34	20	13	30
	II	22	24	36	57	71	61	38	24	62
	III	31	38	57	79	91	82	61	39	107
	IV	39	55	79	95	95	92	76	54	157
	V	55	81	108	113	101	109	102	79	221
	VI	64	90	113	108	93	108	106	87	238
	VII	61	86	115	114	99	111	111	85	234
	VIII	44	69	103	118	110	118	97	68	205
	IX	28	45	81	108	120	109	76	45	152
	X	18	22	48	84	102	83	43	21	88
	XI	10	11	19	37	49	38	19	11	35
	XII	10	10	15	29	37	30	16	10	25
Житомир	I	13	13	19	32	41	34	20	13	30
	II	22	24	34	53	66	56	36	24	57
	III	34	40	56	74	84	78	59	40	98
	IV	38	51	73	87	87	83	70	50	142
	V	53	75	97	102	93	100	92	72	197
	VI	63	84	105	102	91	100	99	82	215
	VII	59	78	100	101	90	97	96	77	208
	VIII	42	63	89	102	100	102	85	64	177
	IX	29	41	67	87	96	86	64	41	126
	X	18	21	38	62	75	60	37	21	70
	XI	10	11	17	29	37	29	17	11	31
	XII	9	9	13	24	30	24	13	9	21
Запоріжжя	I	13	13	19	36	49	40	22	13	34
	II	22	24	36	58	73	62	39	24	64
	III	31	40	57	79	91	83	61	38	109
	IV	40	56	81	98	98	95	79	56	161
	V	55	81	109	113	101	110	102	80	223
	VI	66	94	118	113	97	113	111	93	248
	VII	61	88	117	116	100	112	112	89	237
	VIII	45	70	105	120	112	120	98	69	208
	IX	29	46	83	110	123	112	78	46	156
	X	18	23	47	81	99	81	46	22	87
	XI	10	12	20	39	50	40	20	12	38
	XII	9	10	15	29	37	29	15	10	26

Продовження таблиці М.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Івано-Франківськ	I	13	13	20	34	44	36	21	14	32
	II	23	24	35	55	67	58	37	24	60
	III	31	37	52	71	81	74	55	37	97
	IV	38	50	69	81	81	79	81	49	137
	V	51	71	91	95	87	92	86	69	186
	VI	59	78	96	91	81	91	90	74	197
	VII	55	72	90	89	80	87	86	70	183
	VIII	43	60	84	94	91	94	80	59	169
	IX	29	38	57	73	81	73	60	38	111
	X	18	21	40	65	82	64	42	21	74
	XI	11	12	17	29	39	30	17	12	33
	XII	10	10	14	24	31	25	14	10	23
Київ	I	13	14	21	38	50	40	22	14	32
	II	24	25	36	57	70	60	38	25	59
	III	35	41	58	78	90	81	61	41	101
	IV	39	53	77	92	92	88	73	52	149
	V	56	79	104	110	101	107	99	77	211
	VI	67	88	111	110	96	106	105	86	228
	VII	61	83	108	109	98	106	104	81	220
	VIII	40	65	93	107	106	106	89	63	185
	IX	29	41	70	91	102	91	66	41	130
	X	19	22	38	62	75	61	37	21	71
	XI	11	12	17	30	39	32	17	12	31
	XII	9	9	14	27	35	28	15	9	22
Кіровоград	I	14	14	23	42	56	45	24	15	36
	II	25	26	38	59	73	63	41	26	64
	III	32	39	57	79	91	83	61	40	107
	IV	40	56	81	96	96	93	77	55	158
	V	55	81	106	112	100	109	100	78	219
	VI	67	96	120	117	101	115	113	92	252
	VII	61	87	116	116	102	113	112	86	237
	VIII	44	68	101	116	110	112	95	67	202
	IX	28	45	80	107	119	104	75	45	151
	X	20	24	46	77	93	72	45	24	85
	XI	12	12	20	36	47	34	20	12	37
	XII	9	9	15	29	37	25	16	9	24

Продовження таблиці М.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Луганськ	I	12	12	18	32	43	34	19	12	29
	II	22	24	36	57	73	61	38	24	62
	III	31	38	57	80	95	83	62	39	106
	IV	39	55	80	95	97	92	77	54	157
	V	55	81	109	114	103	111	102	79	221
	VI	64	90	113	109	95	107	106	86	235
	VII	60	85	113	113	100	110	109	84	230
	VIII	44	68	101	116	115	116	96	68	201
	IX	28	44	80	105	122	106	75	44	149
	X	17	21	47	82	102	81	45	21	85
	XI	10	11	20	38	51	39	20	11	35
	XII	9	9	14	28	37	29	15	9	23
Луцьк	I	12	12	18	31	40	32	19	12	28
	II	21	23	32	50	62	53	34	23	54
	III	31	37	52	70	81	73	56	37	95
	IV	39	50	71	86	83	80	68	49	137
	V	51	70	91	95	88	93	85	68	183
	VI	61	79	97	96	86	93	93	77	200
	VII	58	75	94	96	86	93	91	74	192
	VIII	43	60	84	95	93	94	80	59	167
	IX	29	38	59	76	84	76	57	38	112
	X	18	20	35	56	68	55	34	20	65
	XI	10	10	15	27	33	27	15	11	29
	XII	8	8	12	22	27	22	12	8	19
Львів	I	13	13	19	33	43	35	21	13	30
	II	22	24	34	53	65	56	36	24	57
	III	34	39	54	72	83	75	57	39	97
	IV	38	49	70	82	83	79	67	49	136
	V	52	71	91	95	87	93	86	68	184
	VI	59	77	95	93	83	91	90	75	196
	VII	55	71	89	90	81	87	87	70	183
	VIII	43	60	82	93	91	93	79	58	165
	IX	29	38	58	73	81	73	56	38	111
	X	18	21	38	61	74	60	36	20	69
	XI	11	12	17	28	37	29	17	12	31
	XII	9	9	13	24	29	24	13	9	21

Продовження таблиці М.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Миколаїв	I	13	13	22	41	55	44	24	14	38
	II	22	24	36	59	77	62	40	24	67
	III	30	38	56	78	100	80	60	38	110
	IV	41	58	84	101	100	98	81	57	167
	V	56	82	111	115	101	112	105	80	228
	VI	68	96	123	116	99	116	115	90	257
	VII	63	90	121	118	103	116	118	90	249
	VIII	45	73	106	122	118	122	103	71	217
	IX	30	47	83	113	123	113	79	47	160
	X	21	26	53	88	106	87	49	25	98
	XI	12	13	21	39	51	41	21	13	41
	XII	10	10	16	31	41	31	16	10	29
Одеса	I	13	13	22	41	55	43	24	13	38
	II	21	22	34	57	72	60	37	22	65
	III	29	37	55	78	88	79	60	37	110
	IV	40	60	87	105	104	103	84	58	175
	V	54	82	112	118	102	116	106	80	234
	VI	65	95	122	115	96	116	114	93	257
	VII	61	92	125	119	103	118	122	92	258
	VIII	43	74	112	128	119	128	108	73	227
	IX	29	48	86	117	127	117	81	47	166
	X	20	25	52	87	105	86	51	25	97
	XI	12	13	22	41	54	42	22	13	42
	XII	9	9	15	31	41	31	16	9	28
Полтава	I	12	13	21	39	51	40	22	14	32
	II	24	25	38	60	74	64	40	25	62
	III	32	39	58	76	93	83	62	40	106
	IV	40	55	80	96	96	93	77	54	155
	V	55	74	108	114	102	111	102	77	217
	VI	67	93	119	115	100	113	111	90	243
	VII	60	86	115	115	102	112	110	84	231
	VIII	44	69	101	117	113	115	96	67	199
	IX	28	43	75	103	115	102	73	43	143
	X	18	22	41	71	86	69	41	22	77
	XI	10	11	19	35	45	36	19	11	34
	XII	9	9	14	28	36	28	15	9	22

Продовження таблиці М.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Рівне	I	13	13	19	31	40	33	20	13	29
	II	21	23	33	52	64	54	35	23	55
	III	32	38	54	72	83	75	57	38	96
	IV	38	50	71	84	84	81	68	49	138
	V	52	71	92	96	89	94	87	69	186
	VI	61	79	98	97	87	95	93	78	203
	VII	59	76	95	96	87	94	92	74	195
	VIII	43	62	87	100	98	98	83	60	174
	IX	29	38	60	77	86	77	57	38	113
	X	18	21	35	56	68	55	35	21	66
	XI	10	10	15	26	33	27	15	10	28
	XII	9	9	12	22	28	22	13	9	20
Сімферополь	I	13	14	22	41	55	43	24	14	40
	II	24	26	38	60	74	62	41	26	72
	III	32	40	58	82	91	83	63	41	116
	IV	42	61	86	101	101	99	83	59	176
	V	53	79	108	112	95	111	102	74	228
	VI	62	93	119	111	91	112	110	89	255
	VII	57	88	120	114	96	113	116	88	250
	VIII	41	68	100	114	106	114	98	68	209
	IX	29	47	81	111	118	110	78	46	162
	X	21	27	55	89	111	88	53	24	105
	XI	14	15	27	49	66	51	27	15	52
	XII	11	11	18	35	46	35	18	11	34
Суми	I	12	13	19	35	46	37	21	13	29
	II	22	24	40	58	71	61	38	24	58
	III	33	40	60	83	97	87	63	41	102
	IV	39	54	80	96	97	91	76	53	152
	V	55	78	105	111	102	107	100	76	211
	VI	64	88	112	112	97	109	106	86	230
	VII	59	85	112	114	101	111	108	82	224
	VIII	42	67	97	112	110	111	92	65	189
	IX	28	41	73	99	110	99	69	41	134
	X	17	21	39	65	79	63	37	20	70
	XI	9	10	17	30	39	31	17	10	29
	XII	8	8	14	28	36	29	14	8	20

Продовження таблиці М.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тернопіль	I	13	14	20	34	44	35	21	14	31
	II	23	24	34	52	65	56	36	24	57
	III	32	38	54	72	83	75	57	38	97
	IV	38	49	69	83	82	79	67	49	137
	V	52	72	93	97	88	94	88	69	189
	VI	59	78	96	93	83	91	91	76	198
	VII	55	72	90	90	81	88	87	70	185
	VIII	43	61	85	96	93	96	81	59	170
	IX	29	39	60	76	83	76	57	39	114
	X	18	21	39	63	77	62	38	21	71
	XI	11	12	17	29	36	29	17	12	31
	XII	9	9	13	24	30	24	14	9	21
Ужгород	I	14	15	21	35	45	37	22	15	34
	II	21	22	34	56	69	60	37	22	62
	III	28	35	53	75	87	78	57	35	105
	IV	38	51	69	81	81	79	68	50	139
	V	51	71	92	96	87	94	87	70	190
	VI	61	80	97	93	82	94	92	78	204
	VII	59	79	101	100	88	97	97	78	207
	VIII	44	64	91	103	97	103	86	63	183
	IX	31	44	71	90	99	91	67	44	135
	X	19	22	40	69	83	68	41	22	78
	XI	12	13	19	32	41	33	19	13	36
	XII	9	10	14	27	34	27	15	10	24
Харків	I	12	12	19	34	44	35	20	13	29
	II	24	26	36	60	75	63	40	26	62
	III	33	40	60	83	97	87	63	40	105
	IV	39	54	81	96	97	93	77	54	155
	V	56	81	107	113	103	110	101	78	216
	VI	64	89	115	112	97	108	107	87	234
	VII	60	85	113	114	100	110	109	83	227
	VIII	44	68	100	116	112	115	95	66	196
	IX	28	42	76	101	113	129	72	42	140
	X	18	21	42	71	87	69	40	21	75
	XI	10	11	19	79	46	36	19	11	32
	XII	9	9	14	29	37	29	15	9	22

Продовження таблиці М.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Херсон	I	13	14	22	40	53	43	24	14	38
	II	22	24	36	57	72	60	38	24	67
	III	31	38	57	80	91	81	62	38	112
	IV	41	58	83	98	98	96	79	57	167
	V	56	83	111	116	101	114	105	80	231
	VI	67	95	120	114	96	114	112	92	252
	VII	62	90	121	118	102	114	117	90	248
	VIII	45	74	108	124	116	124	103	73	220
	IX	30	48	84	114	123	113	80	47	163
	X	21	27	53	89	108	88	52	26	100
	XI	12	14	22	39	51	41	22	14	42
	XII	10	10	16	32	41	32	17	10	30
Хмельницький	I	13	14	20	35	44	36	22	14	32
	II	23	24	34	53	67	56	33	24	57
	III	34	39	55	74	84	77	58	40	98
	IV	38	51	72	82	86	83	69	50	141
	V	52	72	94	98	89	96	89	70	192
	VI	60	80	100	97	84	95	94	78	206
	VII	56	76	96	96	85	94	93	74	197
	VIII	42	61	87	98	95	98	83	60	173
	IX	29	41	68	87	96	87	64	41	127
	X	18	21	39	63	76	62	38	21	71
	XI	10	11	17	29	37	30	17	11	31
	XII	9	10	14	25	31	26	15	10	22
Черкаси	I	13	14	21	38	51	40	23	14	34
	II	24	26	37	58	72	61	39	26	62
	III	33	40	57	78	91	82	61	40	104
	IV	40	54	78	93	93	90	75	53	152
	V	56	80	105	111	101	109	100	77	214
	VI	67	92	117	113	99	111	110	94	239
	VII	60	85	112	112	99	109	108	83	227
	VIII	44	68	99	113	87	113	93	66	195
	IX	29	44	77	101	114	101	73	44	143
	X	19	22	41	67	81	66	40	22	76
	XI	11	12	19	34	43	34	19	12	34
	XII	9	9	14	28	36	28	15	9	22

Кінець таблиці М.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Чернівці	I	14	14	21	35	46	38	22	15	34
	II	23	24	35	55	68	59	37	24	60
	III	32	38	53	72	81	74	57	38	99
	IV	38	50	69	81	81	78	66	49	137
	V	52	72	93	96	87	94	88	70	192
	VI	59	80	97	94	82	94	92	77	204
	VII	57	77	98	97	86	94	94	75	200
	VIII	42	61	86	97	91	97	81	60	173
	IX	30	41	67	86	95	88	64	41	129
	X	19	22	42	69	83	68	41	22	78
	XI	12	12	18	30	38	31	18	12	34
	XII	10	10	15	26	32	26	15	10	24
Чернігів	I	12	12	18	31	40	32	18	12	27
	II	22	24	33	53	64	55	34	24	54
	III	34	41	57	82	94	85	61	41	102
	IV	39	52	78	93	94	89	75	51	148
	V	53	77	102	108	100	103	96	73	203
	VI	68	90	111	114	100	110	110	87	230
	VII	61	84	108	111	99	108	104	81	217
	VIII	43	66	95	108	107	106	91	64	184
	IX	29	40	66	87	96	88	64	40	123
	X	18	20	36	57	69	56	34	20	65
	XI	10	10	15	27	34	27	15	10	27
	XII	8	9	12	21	27	22	12	9	18

ДОДАТОК Н

Таблиця Н.1

СЕРЕДНЬОМІСЯЧНІ ЗНАЧЕННЯ АБСОЛЮТНОГО ВОЛОГОВМІСТУ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ

Населений пункт	Абсолютний вологовміст, г/кг, для місяця											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Вінниця	2,1	2,3	3,2	4,8	6,9	8,9	10,1	9,5	7,5	5,4	3,9	2,6
Дніпропетровськ	2,2	2,3	3,4	5,2	7,20	9,4	10,5	9,6	7,6	5,4	4,0	2,7
Донецьк	2,1	2,2	3,3	5,0	7,0	9,2	10,2	9,1	7,2	5,2	3,8	2,6
Житомир	2,1	2,3	3,2	4,9	6,9	9,0	10,1	9,6	7,4	5,4	3,9	2,7
Запоріжжя	2,4	2,5	3,5	5,3	7,4	9,7	10,8	10,1	7,9	5,7	4,2	3,0
Івано-Франківськ	2,2	2,5	3,4	5,0	7,2	9,0	10,2	9,9	7,8	5,5	4,0	2,7
Київ	2,1	2,2	3,1	4,8	6,8	9,1	10,1	9,5	7,5	5,3	3,8	2,6
Кіровоград	2,1	2,3	3,2	4,9	6,8	8,8	10,0	9,3	7,2	5,2	3,9	2,7
Луганськ	2,0	2,1	3,2	5,0	6,9	9,2	10,5	9,4	7,2	5,1	3,4	2,6
Луцьк	2,3	2,5	3,4	5,0	7,2	9,0	10,0	9,6	7,7	5,6	4,0	2,7
Львів	2,3	2,5	3,4	4,9	7,1	8,9	9,8	9,6	7,6	5,6	4,0	2,7
Миколаїв	2,5	2,7	3,7	5,4	7,5	9,5	10,5	9,9	8,0	5,9	4,4	3,1
Одеса	2,7	2,9	3,7	5,5	7,9	10,0	11,1	10,7	8,6	6,4	4,8	3,5
Полтава	2,0	2,1	3,1	4,8	6,8	8,9	10,1	9,3	7,1	5,2	3,7	2,5
Рівне	2,2	2,4	3,3	4,9	7,0	8,9	10,0	9,6	7,5	5,5	4,0	2,7
Сімферополь	3,1	3,3	3,9	5,5	7,5	9,6	10,6	10,4	8,4	6,3	5,0	3,9
Суми	1,8	1,9	2,9	4,8	6,7	9,0	10,3	9,5	7,1	5,0	3,5	2,3
Тернопіль	2,1	2,3	3,3	4,9	7,0	8,8	9,8	9,5	7,6	5,5	3,9	2,6
Ужгород	2,5	2,8	3,7	5,0	7,4	9,1	10,1	10,0	8,8	5,9	4,4	3,0
Харків	1,9	2,0	3,1	4,9	6,7	8,9	10,2	9,3	7,2	5,1	3,6	2,4
Херсон	2,6	2,7	3,7	5,4	7,4	9,5	10,5	10,0	8,0	5,9	4,5	3,2
Хмельницький	2,2	2,4	3,3	4,9	7,1	9,0	10,3	9,7	7,6	5,5	4,0	2,7
Черкаси	2,1	2,2	3,2	5,0	7,0	9,2	10,4	9,8	7,4	5,3	3,9	2,6
Чернівці	2,2	2,6	3,5	5,1	7,3	9,2	10,2	10,1	7,7	5,7	4,0	2,7
Чернігів	1,9	2,1	3,0	4,8	6,9	9,0	10,1	9,6	7,3	5,2	3,7	2,5
Ялта	3,8	2,0	2,9	4,8	7,1	8,1	8,3	7,8	6,1	4,6	3,2	2,1

ДОДАТОК П

Таблиця П.1

РОЗРАХУНКОВА ТРИВАЛІСТЬ ПЕРІОДУ ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ЦІЛЕЙ СЕРТИФІКАЦІЇ

Місто	Тривалість періоду охолодження, год.	Місто	Тривалість періоду охолодження, год.
Вінниця	614	Полтава	909
Дніпропетровськ	1156	Рівне	474
Донецьк	1008	Сімферополь	1205
Житомир	552	Суми	744
Запоріжжя	1277	Тернопіль	423
Івано-Франківськ	484	Ужгород	877
Київ	740	Харків	924
Кіровоград	992	Херсон	1304
Луганськ	1254	Хмельницький	518
Луцьк	526	Черкаси	888
Львів	368	Чернівці	650
Миколаїв	1342	Чернігів	698
Одеса	1075	Ялта	1550

ДОДАТОК Р

ФОРМА
ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕРТИФІКАТА

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

Функціональне призначення та назва:

Відомості про конструкцію будівлі:

загальна площа, м²:
загальний об'єм, м³:
опалювана площа, м²:
опалюваний об'єм, м³:
кількість поверхів:
рік прийняття в експлуатацію:
кількість під'їздів або входів:

ФОТО

Шкала класів енергетичної ефективності	Клас енергетичної ефективності
Високий рівень енергоефективності A B C D E F G Низький рівень енергоефективності	
Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі	

Питоме споживання первинної енергії, кВт х год/м² за рік

0	10	20	30	40	50	60	70	80	>90
0	50	100	150	200	250	300	350	400	>450

Питомі викиди парникових газів, кг/м² за рік:

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора

І. Фактичні або проектні характеристики огороджувальних конструкцій

Вид огороджувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції (м² г× К)/Вт		Площа А, м2
	існуюче приведене значення	мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни			
Суміщені перекриття			
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу			
Горищні перекриття неопалюваних горищ			
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами			
Світлопрозорі огороджувальні конструкції			
Зовнішні двері			

Опис технічного стану огороджувальних конструкцій

ІІ. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі

Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показа	Існуюче значення (кВт × год)/м^2 (кВт × год)/м^3) за рік	Мінімальні вимоги (кВт × год)/м^2 (кВт ×год)/м^3) за рік
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання		
Питоме енергоспоживання при опаленні		
Питоме енергоспоживання при охолодженні		
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні		
Питоме енергоспоживання системи вентиляції		
Питоме енергоспоживання при освітленні		
Питоме споживання первинної енергії, кВт ×год/м^2 за рік		
Питомі викиди парникових газів, кг/м^2 за рік		

Енергоспоживання будівлі

Вид	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	тис. кВт ×год	(кВт × год)/м$^{-2}$(кВт × год)/м$^{-3}$	тис. кВт ×год	(кВт × год)/м$^{-2}$(кВт × год)/м$^{-3}$
Енергоспоживання систем опалення				
Енергоспоживання систем вентиляції				
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання				
Енергоспоживання систем охолодження				
Енергоспоживання систем освітлення				
УСЬОГО:				

Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних

Річне енергоспоживання будівлі, %

III. Фактичні або проектні характеристики інженерних систем будівлі

Системи опалення
Системи охолодження, кондиціювання, вентиляції
Системи постачання гарячої води
Системи освітлення

IV. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності

Детальні відомості, в тому числі про економічну ефективність викладених рекомендацій, наведені у рекомендаційному звіті.

ДОДАТОК С

ФОРМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАСПОРТУ БУДИНКУ

Таблиця 1 - Загальна інформація

Дата заповнення (рік, місяць, число)	
Адреса будівлі	
Розробник проекту	
Адреса і телефон розробника	
Шифр проекту будівлі	
Рік будівництва	

Таблиця 2 - Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця виміру	Величина
1	2	3	4
Розрахункова температура внутрішнього повітря для опалення	$\theta_{int,s,H}$	°С	
Розрахункова температура внутрішнього повітря для охолодження	$\theta_{int,s,C}$	°С	
Усереднена за часом витрата повітря на вентиляцію - - в кондиціонованому об'ємі	$q_{ve,mn}$	$м^3$/год	
- - між кондиціонованим та некондиціонованими об'ємами			
- - між некондиціонованим об'ємом та зовнішнім середовищем			
Усереднений за часом тепловий потік внутрішніх джерел - в кондиціонованому об'ємі	$\Phi_{int,mn}$	Вт/$м^2$	
- в некондиціонованому об'ємі			
Внутрішня теплоємність будівлі	C	Вт·год/($м^2$·К)	
Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку			
Призначення			
Основні конструктивні рішення огороджень			

Таблиця 3 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Показники	Познака і одиниця виміру	Норма-тивне значення показника	Розрахункове (проектне) значення показника	Фактичне (виміряне) значення показника
Геометричні показники				
Загальна площа зовнішніх огороджувальних конструкцій будинку	A_{Σ}, м^2			
В тому числі: - зовнішніх стін кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	A_{i}, м^2			
- стін, що межують з некондиціонованим об'ємом	A_{iu}, м^2			
- стін некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	A_{ue}, м^2			
- стін, що межують з сусідніми будинками	A_{a}, м^2			
- вікон і балконних дверей кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	A_{wi}, м^2			
- вікон і балконних дверей, кондиціонованого об'єму, що межують з некондиціонованим об'ємом	A_{wiu}, м^2			
- вікон некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	A_{wue}, м^2			
- суміщених покриттів кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	A_{cci}, м^2			
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують з кондиціонованим об'ємом	A_{ccui}, м^2			
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	A_{ccue}, м^2			
- суміщених покриттів мансард, що межують із зовнішнім повітрям	A_{aci}, м^2			
- суміщених покриттів мансард, що межують із некондиціонованим об'ємом	A_{aciu}, м^2			
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межує із зовнішнім овітрям	A_{acue}, м^2			
- покриттів опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	A_{chai}, м^2			
- горищних перекриттів неопалювальних горищ	A_{acu}, м^2			
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами	A_{opi}, м^2			
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують з некондиціонованим об'ємом	A_{opiu}, м^2			

- перекриттів некондиціонованих об’ємів над проїздами і під еркерами, що межують з зовнішнім повітрям	A_{opue}, м^2			
- перекриттів кондиціонованих об’ємів над проїздами і під еркерами, що межують з сусіднім будинком	A_{opa}, м^2			
- перекриттів між кондиціонованим об’ємом і некондиціонованим простором підвалу	A_{cubiu}, м^2			
- перекриттів між некондиціонованим простором підвалу і зовнішнім повітрям	A_{cubue}, м^2			
- зовнішніх дверей кондиціонованого об’єму, що межують з зовнішнім повітрям	A_{fdi}, м^2			
- зовнішніх дверей кондиціонованого об’єму, що межують з некондиціонованим об’ємом	A_{fdiu}, м^2			
- зовнішніх дверей некондиціонованого об’єму, що межують з зовнішнім повітрям	A_{fdue}, м^2			
- підлоги по ґрунту кондиціонованого об’єму	A_{gfi}, м^2			
- підлоги по ґрунту некондиціонованого об’єму	A_{gfu}, м^2			
- стіни кондиціонованого об’єму, що межує з ґрунтом	A_{gwi}, м^2			
- стіни некондиціонованого об’єму, що межує з ґрунтом	A_{gwu}, м^2			
Кондиціонована (опалювальна) площа	A_f, м^2			
Кондиціонований (опалюваний) об'єм	V, м^3			
Об'єм призначений для вентиляції	V_{ve}, м^3			
Коефіцієнт скління фасадів будинку	m_w			
Показник компактності будинку	Λ_{bci}, м$^{-1}$			
Теплотехнічні та енергетичні показники				
Теплотехнічні показники				
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій:	$R_{\Sigma пр}$, м^2·К/Вт			
В тому числі: - зовнішніх стін кондиціонованого об’єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ i}$			
- стін, що межують з некондиціонованим об’ємом	$R_{\Sigma пр\ iu}$			
- стін некондиціонованого об’єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ ue}$			
- стін, що межують з сусідніми будинками	$R_{\Sigma пр\ a}$			

- вікон і балконних дверей кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ wi}$			
- вікон і балконних дверей, кондиціонованого об'єму, що межують з некондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma пр\ wiu}$			
- вікон некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ wue}$			
- суміщених покриттів кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ cci}$			
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують з кондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma пр\ ccui}$			
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ ccue}$			
- суміщених покриттів мансард, що межують із зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ aci}$			
- суміщених покриттів мансард, що межують із некондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma пр\ aciu}$			
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межує із зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ acue}$			
- покриттів опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	$R_{\Sigma пр\ chai}$			
- горищних перекриттів неопалювальних горищ	$R_{\Sigma пр\ acu}$			
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами	$R_{\Sigma пр\ opi}$			
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують з некондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma пр\ opiu}$			
- перекриттів некондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ opue}$			
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують з сусіднім будинком	$R_{\Sigma пр\ opa}$			
- перекриттів між кондиціонованим об'ємом і некондиціонованим простором підвалу	$R_{\Sigma пр\ cubiu}$			
- перекриттів між некондиціонованим простором підвалу і зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ cubue}$			
- зовнішніх дверей кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр\ fdi}$			

- зовнішніх дверей кондиціонованого об'єму, що межують з некондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma np\ fdiu}$			
- зовнішніх дверей некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma np\ fdue}$			
- підлоги по ґрунту кондиціонованого об'єму	$R_{\Sigma np\ gfi}$	-		
- підлоги по ґрунту некондиціонованого об'єму	$R_{\Sigma np\ gfu}$			
- стіни кондиціонованого об'єму, що межує з ґрунтом	$R_{\Sigma np\ gwi}$			
- стіни некондиціонованого об'єму, що межує з ґрунтом	$R_{\Sigma np\ gwu}$			
Енергетичні показники				
Енергопотреба для опалення	$Q_{H,nd}$, кВт·год			
Енергопотреба для охолодження	$Q_{C,nd}$, кВт·год			
Енергопотреба для гарячого водопостачання	$Q_{DHW,nd}$ кВт·год			
Розрахункова (фактична) питома енергопотреба	EP, кВт·год/м^2, (кВт·год/м^3)			
Максимально допустиме значення питомої енергопотреби будинку	EP_{max}, кВт·год/м^2 (кВт·год/м^3)			
Клас енергетичної ефективності	-			
Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів	рік			
Відповідність проекту будинку нормативним вимогам	-			
Необхідність доопрацювання проекту будинку	-			

Таблиця 4 – Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будівлі

Висновки про відповідність вимогам нормативних актів та документів Клас енергоефективності корпусу невідкладних станів Полтавської обласної клінічної лікарні ім. М.В. Скліфосовського м. Полтава, вул. Шевченка, 23 становить «С», що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016.
За наявності невідповідностей рекомендації щодо підвищення показників енергоефективності У разі потреби підвищення класу енергоефективності будинку рекомендовано збільшення кількості рекуперацийних установок в системі вентиляції будинку та зменшення коефіцієнту скління фасадів.

Таблиця 5 – Характеристики інженерних систем

Опалення	
Тип системи	
Енергоносій	
Джерело опалення	
Виробнича система	
Розподіл	
Генерація	
Охолодження	
Тип вентилятора	
Система охолодження	
Система управляння	
Охолоджувальні машини	
Тип насоса	
Попереднє охолодження	
Гаряче водопостачання	
Тип циркуляції	
Потужність	
Період експлуатації	
Освітлення	
Система контролю	
Режим контролю	
Паразитна енергія	

Таблиця 6 – Характеристики інженерних систем

Характеристика	Клас енергетичної ефективності системи
Регулювання надходження теплової енергії до приміщення	
Регулювання розподілення за температурою теплоносія у подавальному або зворотному трубопроводі	
Регулювання циркуляційних, змішувальних та циркуляційно-змішувальних насосів різних рівнях системи)	
Регулювання періодичності зниження споживання енергії системою та/або розподілення теплоносія	
Взаємозв'язок між регулюванням споживання енергії та/або розподілення тепло/холодоносія у системах опалення та охолодження	
Регулювання джерела енергії	
Упорядкування джерел енергії	
Регулювання витрати повітря у приміщенні	
Регулювання витрати повітря при його підготовці	
Захист теплообмінників від переохолодження	
Захист теплообмінників від перегрівання	
Використання повітря з низькою температурою (у системах з механічним обслуговуванням)	
Регулювання температури припливного повітря	
Регулювання вологості	
Регулювання за присутністю людей у приміщенні	
Регулювання зовнішнього освітлення	
Регулювання жалюзей	
Система автоматизації та управління будівлею	
Визначення несправностей систем та забезпечення допомоги у їх діагностиці	
Формування звітів щодо енергоспоживання та зовнішніх параметрів, а також можливості зниження енергоспоживання	

Таблиця 7 – Звітна таблиця за результатами розрахунків обсягів енергоспоживання

Енергетичні послуги	Енергоспоживання	Енергоносій									
		Теплота	Нафта	Природний газ	Вугілля	Централізоване теплопостачання	Централізоване холодопостачання	Деревина	Електроенергія	Відновлені	Інші, що виробляються на місці
Опалення	Енергопотреба для опалення										
	Енергопотреба для центального попереднього підігріву вентиляційного повітря										
	Енергоспоживання при опаленні										
	Енергоспоживання при центральному попередньому підігріву										
	Додаткове енергоспоживання при опаленні										
	Додаткове енергоспоживання при центральному попередньому підігріві										
	Загальне енергоспоживання при опаленні										
Охолодження	Енергопотреба для охолодження (в т.ч. осушення повітря)										
	Енергопотреба для центального попереднього охолодження вентиляційного повітря (в т.ч. осушення повітря)										
	Енергоспоживання при охолодженні (в т.ч. осушення повітря)										
	Енергоспоживання при центральному попередньому охолодженні (в т.ч. осушення повітря при попередньому охолодженні)										
	Додаткове енергоспоживання при охолодженні										
	Додаткове енергоспоживання при центральному попередньому охолодженні										
	Загальне енергоспоживання при охолодженні										
Вентиляція	Енергопотреба для зволоження вентиляційного повітря										
	Енергоспоживання вентиляторів, блоків управління та рекуператорів теплоти										
	Загалом енергоспоживання при вентиляції (в т.ч. зволоження повітря)										
ГВП	Енергопотреба ГВП										
	Енергоспоживання ГВП										
	Додаткове енергоспоживання ГВП										
	Зальне енергоспоживання ГВП										
Освітлення	Енергоспоживання при освітленні								—		
Інші послуги	Енергоспоживання іншими послугами								—		
Загалом											

*Відновлювані джерела енергії: сонячне тепло, фотоелектрична та вітрова енергія.

- позиція (комірка) в таблиці, що має бути заповнена;

позиція (комірка) в таблиці, що не заповнюється.

Примітка

*Річне (сезонне) енергоспоживання системою холодопостачання - 718 тис. кВт год за умови цілодобової роботи всіх вентустановок.

**Річне гаряче водопостачання (середнє)

Паспорт заповнений:	
Організація	
Адреса та телефон	
Відповідальний виконавець	

ДОДАТОК Т

Енергетична освітленість площин різної орієнтації сонячною радіацією у липні за умов ясного неба ([33], табл. 14-17)

Таблиця Т.1

Енергетична освітленість площин різної орієнтації сонячною радіацією у липні за умов ясного неба на 46° пн.ш.

Годинний інтервал	Сонячна радіація пряма / розсіяна, Вт/м²								
	орієнтація площин								
	вертикальна								горизонтальна
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
3-4	0 / 1	0 / 2	0 / 2	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1
4-5	15 / 7	33 / 9	32 / 9	12 / 6	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	3 / 11
5-6	90 / 41	232 / 64	238 / 65	105 / 43	0 / 26	0 / 24	0 / 24	0 / 25	43 / 42
6-7	80 / 59	349 / 100	414 / 111	236 / 81	0 / 46	0 / 39	0 / 39	0 / 40	153 / 75
7-8	9 / 71	350 / 120	487 / 144	338 / 118	0 / 69	0 / 53	0 / 52	0 / 54	289 / 111
8-9	0 / 80	284 / 126	487 / 163	406 / 148	86 / 98	0 / 70	0 / 65	0 / 66	436 / 149
9-10	0 / 82	160 / 115	405 / 153	412 / 154	179 / 117	0 / 83	0 / 73	0 / 73	560 / 170
10-11	0 / 84	11 / 103	264 / 135	363 / 151	248 / 133	0 / 100	0 / 83	0 / 79	647 / 187
11-12	0 / 84	0 / 92	92 / 114	266 / 137	285 / 140	137 / 119	0 / 95	0 / 85	691 / 194
12-13	0 / 84	0 / 85	0 / 95	137 / 119	285 / 140	266 / 137	92 / 114	0 / 92	691 / 194
13-14	0 / 84	0 / 79	0 / 83	0 / 100	248 / 133	363 / 151	264 / 135	11 / 103	647 / 187
14-15	0 / 82	0 / 73	0 / 73	0 / 83	179 / 117	412 / 154	405 / 153	160 / 115	560 / 170
15-16	0 / 80	0 / 66	0 / 65	0 / 70	86 / 98	406 / 148	487 / 163	284 / 126	436 / 149
16-17	9 / 71	0 / 54	0 / 52	0 / 53	0 / 69	338 / 118	487 / 144	350 / 120	289 / 111
17-18	80 / 59	0 / 40	0 / 39	0 / 39	0 / 46	236 / 81	414 / 111	349 / 100	153 / 75
18-19	90 / 41	0 / 25	0 / 24	0 / 24	0 / 26	105 / 43	238 / 65	232 / 64	43 / 42
19-20	15 / 7	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	12 / 6	32 / 9	33 / 9	3 / 11
20-21	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 2	0 / 2	0 / 1
Усього за добу	387 / 1017	1419 / 1156	2418 / 1331	2275 / 1332	1597 / 1267	2275 / 1332	2418 / 1331	1419 / 1156	5645 / 1882
Середня за добу	16 / 42	59 / 48	101 / 56	95 / 56	67 / 53	95 / 56	101 / 56	59 / 48	235 / 78

Таблиця Т.2

Енергетична освітленість площин різної орієнтації сонячною радіацією у липні за умов ясного неба на 46° пн.ш.

Годинний інтервал	Сонячна радіація пряма / розсіяна, Вт/м²								
	орієнтація площин								
	вертикальна								горизонтальна
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
3-4	0 / 2	0 / 3	0 / 3	0 / 2	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 2
4-5	21 / 8	46 / 11	44 / 10	16 / 7	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	5 / 15
5-6	93 / 45	243 / 71	250 / 72	111 / 48	0 / 29	0 / 27	0 / 27	0 / 28	48 / 47
6-7	75 / 63	346 / 106	414 / 119	240 / 88	0 / 49	0 / 42	0 / 42	0 / 43	156 / 81
7-8	0 / 74	340 / 125	482 / 153	342 / 126	1 / 74	0 / 57	0 / 55	0 / 57	286 / 118
8-9	0 / 83	269 / 131	481 / 171	411 / 157	100 / 105	0 / 74	0 / 69	0 / 70	427 / 156
9-10	0 / 85	144 / 118	399 / 160	420 / 164	195 / 126	0 / 88	0 / 76	0 / 76	546 / 178
10-11	0 / 87	0 / 106	261 / 143	373 / 162	267 / 144	5 / 107	0 / 87	0 / 83	629 / 196
11-12	0 / 87	0 / 96	90 / 119	280 / 147	305 / 152	152 / 128	0 / 100	0 / 88	672 / 203
12-13	0 / 87	0 / 88	0 / 100	152 / 128	305 / 152	279 / 147	90 / 119	0 / 96	672 / 203
13-14	0 / 87	0 / 83	0 / 87	5 / 107	267 / 144	373 / 162	261 / 143	0 / 106	629 / 196
14-15	0 / 85	0 / 76	0 / 76	0 / 88	195 / 126	420 / 164	399 / 160	144 / 118	546 / 178
15-16	0 / 83	0 / 70	0 / 69	0 / 74	100 / 105	411 / 157	481 / 171	269 / 131	427 / 156
16-17	0 / 74	0 / 57	0 / 55	0 / 57	1 / 74	342 / 126	482 / 153	340 / 125	286 / 118
17-18	75 / 63	0 / 43	0 / 42	0 / 42	0 / 49	240 / 88	414 / 119	346 / 106	156 / 81
18-19	93 / 45	0 / 28	0 / 27	0 / 27	0 / 29	112 / 48	250 / 72	243 / 71	48 / 47
19-20	21 / 8	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	16 / 7	44 / 10	46 / 11	5 / 15
20-21	0 / 2	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 2	0 / 3	0 / 3	0 / 2
Усього за добу	376 / 1067	1387 / 1216	2421 / 1411	2350 / 1427	1738 / 1367	2350 / 1427	2421 / 1411	1387 / 1216	5538 / 1989
Середня за добу	16 / 45	58 / 51	101 / 59	98 / 60	72 / 57	98 / 60	101 / 59	58 / 51	231 / 83

Таблиця Т.3

Енергетична освітленість площин різної орієнтації сонячною радіацією у липні за умов ясного неба на 48° пн.ш.

Годинний інтервал	Сонячна радіація пряма / розсіяна, Вт/м²								
	орієнтація площин								
	вертикальна								горизонтальна
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
3-4	0 / 3	0 / 4	0 / 3	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2
4-5	29 / 8	64 / 11	61 / 10	23 / 7	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	8 / 18
5-6	99 / 45	264 / 71	274 / 73	123 / 49	0 / 29	0 / 27	0 / 27	0 / 28	56 / 47
6-7	72 / 60	357 / 102	432 / 115	255 / 86	0 / 48	0 / 40	0 / 40	0 / 42	165 / 79
7-8	0 / 70	344 / 119	499 / 146	361 / 122	12 / 72	0 / 54	0 / 53	0 / 54	296 / 113
8-9	0 / 78	266 / 123	495 / 163	433 / 152	118 / 102	0 / 71	0 / 65	0 / 66	436 / 148
9-10	0 / 80	134 / 111	410 / 153	446 / 159	220 / 123	0 / 85	0 / 73	0 / 72	554 / 169
10-11	0 / 82	0 / 100	268 / 136	400 / 158	297 / 141	21 / 104	0 / 83	0 / 78	637 / 186
11-12	0 / 82	0 / 90	93 / 114	305 / 143	338 / 148	173 / 124	0 / 96	0 / 83	680 / 193
12-13	0 / 82	0 / 83	0 / 96	173 / 124	338 / 148	305 / 143	93 / 114	0 / 90	680 / 193
13-14	0 / 82	0 / 78	0 / 83	21 / 104	297 / 141	400 / 158	268 / 136	0 / 100	637 / 186
14-15	0 / 80	0 / 72	0 / 73	0 / 85	220 / 123	446 / 159	410 / 153	134 / 111	554 / 169
15-16	0 / 78	0 / 66	0 / 65	0 / 71	118 / 102	433 / 152	495 / 163	266 / 123	436 / 148
16-17	0 / 70	0 / 54	0 / 53	0 / 54	12 / 72	361 / 122	499 / 146	344 / 119	296 / 113
17-18	72 / 60	0 / 42	0 / 40	0 / 40	0 / 48	255 / 86	432 / 115	357 / 102	165 / 79
18-19	99 / 45	0 / 28	0 / 27	0 / 27	0 / 29	123 / 49	274 / 73	264 / 71	56 / 47
19-20	29 / 8	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	23 / 7	61 / 10	64 / 11	8 / 18
20-21	0 / 3	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 3	0 / 4	0 / 2
Усього за добу	401 / 1017	1429 / 1161	2532 / 1358	2539 / 1388	1971 / 1338	2539 / 1388	2532 / 1358	1429 / 1161	5663 / 1909
Середня за добу	17 / 42	60 / 48	106 / 57	106 / 58	82 / 56	106 / 58	106 / 57	60 / 48	236 / 80

Таблиця Т.4

Енергетична освітленість площин різної орієнтації сонячною радіацією у липні за умов ясного неба на 50° пн.ш.

Годинний інтервал	Сонячна радіація пряма / розсіяна, Вт/м²								
	орієнтація площин								
	вертикальна								горизонтальна
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
3-4	0 / 3	0 / 4	0 / 4	0 / 3	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 3
4-5	39 / 8	87 / 11	84 / 10	32 / 7	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	12 / 20
5-6	107 / 43	288 / 67	301 / 69	137 / 46	0 / 27	0 / 25	0 / 25	0 / 26	66 / 45
6-7	70 / 55	370 / 92	454 / 105	272 / 79	0 / 44	0 / 37	0 / 37	0 / 38	176 / 72
7-8	0 / 62	351 / 106	519 / 132	383 / 111	23 / 66	0 / 49	0 / 48	0 / 49	307 / 101
8-9	0 / 69	264 / 109	512 / 146	460 / 138	138 / 93	0 / 64	0 / 58	0 / 59	447 / 132
9-10	0 / 71	125 / 98	425 / 137	476 / 145	248 / 113	0 / 77	0 / 65	0 / 64	565 / 151
10-11	0 / 73	0 / 88	278 / 122	430 / 144	330 / 129	37 / 95	0 / 75	0 / 70	649 / 166
11-12	0 / 73	0 / 80	96 / 102	333 / 131	374 / 136	196 / 113	0 / 86	0 / 74	691 / 171
12-13	0 / 73	0 / 74	0 / 86	196 / 113	374 / 136	333 / 131	96 / 102	0 / 80	691 / 171
13-14	0 / 73	0 / 70	0 / 75	37 / 95	330 / 129	430 / 144	278 / 122	0 / 88	649 / 166
14-15	0 / 71	0 / 64	0 / 65	0 / 77	248 / 113	476 / 145	425 / 137	125 / 98	565 / 151
15-16	0 / 69	0 / 59	0 / 58	0 / 63	138 / 93	460 / 138	512 / 146	264 / 109	447 / 132
16-17	0 / 62	0 / 49	0 / 48	0 / 49	23 / 66	383 / 111	519 / 132	351 / 106	307 / 101
17-18	70 / 55	0 / 38	0 / 37	0 / 37	0 / 44	272 / 79	454 / 105	370 / 92	176 / 72
18-19	107 / 43	0 / 26	0 / 25	0 / 25	0 / 27	137 / 46	301 / 69	288 / 67	66 / 45
19-20	39 / 8	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	32 / 7	84 / 10	87 / 11	12 / 20
20-21	0 / 3	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 3	0 / 4	0 / 4	0 / 3
Усього за добу	431 / 911	1485 / 1042	2668 / 1227	2755 / 1267	2228 / 1230	2755 / 1267	2668 / 1227	1485 / 1042	5824 / 1720
Середня за добу	18 / 38	62 / 43	111 / 51	115 / 53	93 / 51	115 / 53	111 / 51	62 / 43	243 / 72

ДОДАТОК У

Таблиця У.1

ОПІР ПАРОПРОНИКНЕННЮ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ І ТОНКИХ ШАРІВ ПАРОІЗОЛЯЦІЇ

№ п/п	Матеріал	Товщина шару, мм	Опір паропроникненню, м ·год · Па/мг
1	Картон звичайний	1,3	0,016
2	Листи азбестоцементні	6	0,3
3	Листи гіпсові обшивальні (суха штукатурка)	10	0,12
4	Листи дерево волокнисті тверді	10	0,11
5	Листи дерево волокнисті м'які	12,5	0,05
6	Фарбування гарячим бітумом за один раз	2	0,3
7	Фарбування гарячим бітумом за два рази	4	0,48
8	Фарбування масляне за два рази з попередньою шпаклівкою й грунтовкою	-	0,64
9	Фарбування емалевою фарбою	-	0,48
10	Покриття ізольною мастикою за один раз	2	0,6
11	Покриття бітумно-кукерсольною мастикою за один раз	1	0,64
12	Покриття бітумно-кукерсольною мастикою за два рази	2	1,1
13	Пергамін покрівельний	0,4	0,33
14	Поліетиленова плівка	0,16	7,3
15	Руберойд	1,5	1,1
16	Толь покрівельна	1,9	0,4
17	Фанера клеєна тришарова	3	0,15

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Філоненко Олена Іванівна

кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектури та міського будівництва Полтавського національного технічного університету. Науковим напрямом роботи є інноваційні методи зниження тепловтрат будівлями, розробка енерго- й ресурсозберігаючих конструктивних рішень будівель, методологій з раціонального використання природного середовища, енергоефективного будівництва з природних матеріалів й ін. Опубліковано 57 публікацій, з них 37 наукових та 2 навчальні посібника, співавтор ДСТУ.

Юрін Олег Іванович

кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектури та міського будівництва Полтавського національного технічного університету. Наукові інтереси Юріна О.І. направлені на вдосконалення конструкцій покриття будівель холодильників, дослідження температурних полів складних ділянок огороджувальних конструкцій, уточнення методів розрахунку теплофізичних параметрів теплоізоляційної оболонки будівель та ін. Є автором понад 70 наукових та навчально-методичних робіт.

Підписано до друку 11.12.2018 р.
Формат 60х84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк різографічний. Умовн. друк. арк. 28,13.
Наклад 50 шт. Замовлення 2018-94

Видавництво ПП «Астрая»
36014, м. Полтава, вул. Шведська, 20, кв. 4
Тел.: +38 (0532) 509-167, 611-694
E-mail: astraya.pl.ua@gmail.com, веб-сайт: astraya.pl.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5599 від 19.09.2017 р.

Друк ПП «Астрая»
36014, м. Полтава, вул. Шведська, 20, кв. 4
Тел.: +38 (0532) 509-167, 611-694
Дата державної реєстрації та номер запису в ЄДР
14.12.1999 р. № 1 588 120 0000 010089