

**Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова**

**ПРОЕКТУВАННЯ  
ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ  
ЗА ТЕПЛОФІЗИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Вінницький державний технічний університет

**Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова**

**ПРОЕКТУВАННЯ  
ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ  
ЗА ТЕПЛОФІЗИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Затверджено Ученою радою Вінницького державного технічного університету як навчальний посібник для студентів спеціальності 7.092108 “Теплогазопостачання та вентиляція”. Протокол № 7 від 6 березня 2003 р.

Вінниця ВДТУ 2003

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Вінницький державний технічний університет

Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова

**ПРОЕКТУВАННЯ  
ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ  
ЗА ТЕПЛОФІЗИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Навчальний посібник

Всі цитати, цифровий, фактичний  
матеріал та бібліографічні відомості  
перевірені  
Написання одиниць відповідає  
стандартам

Зауваження рецензентів враховані

Автори: Г.С. Ратушняк  
Г.С. Попова

Вимогам, які пред'являються  
до інструктивно-методичної  
літератури відповідає.  
До друку і в світ дозволяю на  
основі § 2 п. 15 “Єдиних пра-  
вил...”

Проректор з навчальної та  
науково-методичної роботи

\_\_\_\_\_ В.О. Леонтєв

Затверджено на засіданні  
кафедри ТГП  
Протокол №12 від 4.02.003 р.

Зав. кафедрою ТГП

Вінниця ВДТУ 2003

УДК 628.85/697.1  
P25

**Рецензенти:**

*Дудар І.Н.*, доктор технічних наук, професор (ВДТУ)

*Пономарчук А.Ф.*, доктор технічних наук, професор (ВДТУ)

*Пивошенко І.М.*, кандидат географічних наук, професор (ВДПУ)

Рекомендовано до видання Ученою радою Вінницького державного технічного університету Міністерства освіти і науки України

**Ратушняк Г.С., Попова Г.С.**

**P 25 ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ  
ЗА ТЕПЛОФІЗИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

/Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 78 с.

Наведені теоретичні основи моделювання теплотехнічних характеристик вологісного стану та повітропроникності захисних конструкцій будівель. Розглянуті приклади теплотехнічних розрахунків захисних конструкцій для холодної пори року й для літнього теплового режиму. Викладені розрахунки конструкцій на конденсацію водяних парів у товщі захисного шару та на його повітропроникність.

УДК 628.85/697.1

© Г.С. Ратушняк,  
Г.С. Попова, 2003

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ратушняк Георгій Сергійович – професор кафедри теплоенергетики та газопостачання та інженерного забезпечення будівництва, кандидат технічних наук є автором понад 180 опублікованих наукових та навчально-методичних робіт, в тому числі 22 винаходів. На основі 30-річного науково-педагогічного досвіду підготував і опублікував 45 навчально-методичних посібників, серед яких 7 навчальних посібників для студентів вузів будівельних спеціальностей.

Наукові інтереси Ратушняка Г.С. направлені на розробку енерго- й ресурсозберігаючих технологій, методологій й технічних засобів з раціонального використання природного середовища в результаті антропогенної діяльності. Займається вирішенням проблеми педагогіки, що пов'язана з активізацією пізнавальної діяльності студентів шляхом впровадження прогресивних технологій навчання. Лауреат першої міністерської премії “За досягнення в навчально-виховній та науково-педагогічній роботі” та обласної педагогічної премії. Є дійсним членом Академії будівництва України, професором Міжнародної Кадрової Академії.

Попова Галина Сергіївна – старший викладач кафедри теплоенергетики та газопостачання і інженерного забезпечення будівництва є автором більше 20 опублікованих наукових та навчально-методичних робіт, в тому числі 2 навчальних посібників. Приділяє значну увагу впровадженню в навчальний процес прогресивних технологій навчання, що базуються на використанні сучасних досягнень науки й техніки.

*Навчальне видання*

Георгій Сергійович Ратушняк  
Галина Сергіївна Попова

# **ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ЗА ТЕПЛОФІЗИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено авторами

Редактор В.О. Дружиніна

Навчально-методичний відділ ВДТУ  
Свідоцтво Держкомінформу України  
серія ДК № 746 від 25.12.2001  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВДТУ

Гарнітура Times New Roman

Підписано до друку  
Формат 29,7×42<sup>1</sup>/<sub>4</sub>  
Друк різнографічний  
Тираж 85 прим.  
Зам №

Папір офсетний  
Ум. друк. арк. 3.22

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі  
Вінницького державного технічного університету  
Свідоцтво Держкомінформу України  
серія ДК № 746 від 25.12.2001  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95

**ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ЗА  
ТЕПЛОФІЗИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Уклад. Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. – Вінниця: ВДТУ, 2003. - с.

Наводяться

Укладачі: Ратушняк Георгій Сергійович  
Попова Галина Сергіївна

Редактор В.О. Дружиніна

Відповідальний за випуск зав. кафедрою ТГП Г.С. Ратушняк

Рецензенти: І.Н. Дудар, д.т.н., професор  
А.Ф. Пономарчук, д.т.н., професор  
І.М. Півошенко, канд. географічних наук, професор

## ЗМІСТ

Передмова . . . . .	4
1 Теоретичні основи моделювання теплотехнічних параметрів захисних конструкцій . . . . .	6
1.1 Теплотехнічний розрахунок захисного шару для холодного періоду року . . . . .	6
1.2 Вибір розрахункової температури зовнішнього повітря . . . . .	7
1.3 Визначення необхідної товщини утеплювача зовнішніх захисних конструкцій . . . . .	8
1.3.1 Існуюче будівництво . . . . .	8
1.3.2 Нове будівництво, реконструкція й капітальний ремонт . . . . .	9
1.4 Визначення теплозахисних властивостей зовнішніх конструкцій з двовимірним температурним полем . . . . .	10
1.5 Перевірка теплостійкості захисного шару для літнього теплового режиму . . . . .	12
1.6 Оцінювання фактичної величини опору теплопередачі зовнішніх захисних конструкцій . . . . .	14
1.7 Обробка результатів вимірювань на ЕОМ . . . . .	17
2 Теоретичні основи моделювання вологісного стану захисних конструкцій . . . . .	21
2.1 Визначення положення площини конденсації . . . . .	21
2.2 Розрахунок необхідного опору паропроникнення . . . . .	22
3 Теоретичні основи моделювання захисної конструкції на повітропроникність . . . . .	25
3.1 Визначення різниці тиску повітря на поверхні захисної конструкції . . . . .	25
3.2 Визначення необхідного опору повітропроникності захисної конструкції . . . . .	27
3.3 Визначення розрахункового опору повітропроникності захисної конструкції . . . . .	27
4 Теплотехнічний розрахунок захисної конструкції . . . . .	29
4.1 Вихідні дані . . . . .	29
4.2 Розрахунок захисної конструкції для холодної пори року . . . . .	29
4.3 Визначення теплозахисних властивостей зовнішніх конструкцій з двовимірним температурним полем . . . . .	32
4.4 Перевірка конструкції на конденсацію водяних парів у товщі захисного шару . . . . .	37
4.5 Розрахунок теплостійкості захисного шару для літнього теплового режиму . . . . .	42
4.6 Розрахунок повітропроникності захисного шару . . . . .	44
Список літератури . . . . .	46
Додатки . . . . .	47



## ПЕРЕДМОВА

При проектуванні, будівництві та експлуатації будівель захисні конструкції повинні мати якість, що забезпечують можливість підтримання необхідного мікроклімату в приміщеннях й температурно-вологісного режиму самих захисних шарів. Знання закономірностей фізичних процесів, що відбуваються в захисних конструкціях, дозволяють за результатами моделювання фізико-технічних параметрів вибрати оптимальні матеріали й конструктивні рішення, чим забезпечити необхідні експлуатаційні якості та довговічність і вирішити проблеми енергозбереження.

Протягом довгого часу питанням енергозбереження в будівництві не приділялось належної уваги. Особливо суттєві недоліки допускались в порушуванні теплозахисних якостей захисних конструкцій будівель. За діючими в Україні нормативами опір теплопередачі занижений проти європейських норм по стінах – в 1,2...3,5 разу, по покриттях й перекриттях – в 2 рази, по вікнах – в 1,3...2 рази. Існуючі системи теплопостачання будівель в Україні споживають 70...80 млн. тонн умовного палива. В перерахунку на 1 м<sup>2</sup> загальної площі на теплопостачання житла в Україні витрачається в 1,5 разу більше енергоресурсів, ніж в США й 2,5...3,0 рази більше, ніж в Швеції.

Програма державного регулювання енергопостачання в капітальному будівництві України передбачає докорінну зміну стратегічних й тактичних методів енергозбереження в галузі. Одною з основних задач є зміна нормативної бази з метою підвищення теплозахисних якостей будівель, що направлено на проектування нових й реконструкцію існуючих захисних конструкцій будівель з енергозберігаючими теплофізичними параметрами.

Проблема якісної підготовки фахівців з теплогазопостачання і вентиляції для спеціалізованих проектно-пошукових будівельно-монтажних й експлуатаційних організацій знаходиться в тісному взаємозв'язку з отриманням ними знань щодо проектування енергозберігаючих захисних конструкцій будівель за теплофізичними характеристиками. Вирішення цієї задачі вимагає відповідного методичного забезпечення навчального процесу, яке б дозволяло отримувати навички й уміння за результатами моделювання теплофізичних характеристик, проектувати захисні конструкції будівель з оптимальними параметрами.

Матеріал посібника враховує специфіку програми дисципліни "Будівельна теплофізика" й призначений активізувати самостійну роботу студентів при виконанні курсової роботи та відповідних розділів дипломного проекту. Він дозволить поглибити й засвоїти теоретичні знання, навчитись

їх практичному використанню при самостійному творчому вирішенні таких задач:

- здійснення теплотехнічного розрахунку захисного шару для холодної пори року з метою визначення необхідної товщини шару утеплювача;
- здійснення перевірки захисного шару заданої конструкції при відповідних зовнішніх і внутрішніх температурних умовах; здійснення розрахунку на можливу конденсацію водяних парів у товщі захисного шару й визначення опору паропроникненню захисної конструкції; побудова графіка залежності температури і опору шарів конструкції, а також графіка максимальної пружності водяних парів в товщі захисної конструкції; на підставі зіставлення реального опору паропроникності конструкції з необхідним опором зробити висновок про наявність або відсутність встановлення додаткового шару пароізоляційного матеріалу;
- виконання розрахунку теплостійкості захисного шару для літнього теплового режиму; знаходження коефіцієнтів теплотасвоєння й теплової інерції прошарків обраної конструкції; розрахування значення амплітуди коливань температури на внутрішній поверхні захисного шару; формування висновку про достатню (або недостатню) теплостійкість захисного шару для літнього теплового режиму на підставі зіставлення отриманих результатів з необхідними нормативами;
- здійснення розрахунку захисної конструкції на повітропроникність; визначити перепад тисків на внутрішній і зовнішній поверхнях захисного шару і встановлення чи задовольняє захисна конструкція вимоги повітропроникності.

Автори Ратушняк Г.С. – професор Міжнародної Кадрової Академії та академік Академії Будівництва України і Попова Г.С., наукові інтереси яких направлені на розробку методології та технічних засобів з раціонального використання природного середовища в результаті антропогенної діяльності та педагогічних проблем активізації пізнавальної діяльності студентів шляхом впровадження прогресивних технологій навчання. При підготовці навчального посібника враховували науково-методичний досвід підготовки спеціалістів для будівельної галузі у Вінницькому державному технічному університеті та в інших провідних вищих навчальних закладах.

Автори щиро вдячні рецензентам за поради та зауваження, врахування яких сприяло покращенню змісту навчального посібника, а також співробітниці обчислювального центру Франишиній Т.О. за комп'ютерний набір та верстку.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

## 1.1 Теплотехнічний розрахунок захисних шарів для холодного періоду року

Для забезпечення комфортних умов в приміщенні потрібно дотримуватись умов, які пов'язані із загальним тепловим станом організму та з вимогами до локального теплового режиму голови й ніг людини. Для здоров'я людини становить небезпеку надмірна тепловіддача випромінюванням з поверхні голови у бік зовнішніх захисних конструкцій приміщень у холодний період року. Значення теплофізичних характеристик залежать від прийнятих будівельних матеріалів (додаток А).

Обмеження розрахункового перепаду температур між повітрям у приміщенні і на холодних поверхнях захисної конструкції можна записати у формі нерівності:

$$t_{\text{в}} - t_{\text{в.п}} \leq \Delta t^{\text{н}}, \quad (1.1)$$

де  $t_{\text{в}}$  і  $t_{\text{в.п}}$  – відповідно, розрахункові температури повітря в приміщенні та на внутрішній поверхні захисної конструкції помешкання;

$\Delta t^{\text{н}}$  - нормативний температурний перепад між температурами внутрішнього повітря і внутрішньої поверхні захисної конструкції, який приймається за додатком Б.

За законом стаціонарної теплопередачі маємо:

$$t_{\text{в.п}} = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{R_0 \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad (1.2)$$

де  $t_{\text{в}}$  - температура всередині приміщення, °К;

$t_{\text{з}}$  - розрахункова температура зовнішнього повітря, °К;

$R_0$  - загальний опір теплопередачі захисного шару, м<sup>2</sup>·°К /Вт;

$\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні захисного шару, приймається за додатком В, Вт/м<sup>2</sup>·°К.

Розв'язуючи разом рівняння (1.1) і (1.2) одержимо, що зовнішній захисний шар буде задовольняти другу умову теплового комфорту для зимового теплового режиму помешкань, якщо

$$R_0 \geq \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{\Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}}. \quad (1.3)$$

У тих випадках, коли захисний шар безпосередньо не стикається з

зовнішнім повітрям, розрахунковий перепад температур  $t_B - t_3$  (1.3) мно-  
 житься на коефіцієнт  $n < 1$ , що приймається з додатку Г.

Тоді необхідний опір теплопередачі захисного шару

$$R_0^{\text{потр}} = \frac{n(t_B - t_3)}{\Delta t^H \cdot \alpha_B} \quad (1.4)$$

або

$$R_0^{\text{потр}} = \frac{n(t_B - t_3)}{\Delta t^H} \cdot R_B . \quad (1.5)$$

## 1.2 Вибір розрахункової температури зовнішнього повітря

В реальних умовах температура зовнішнього повітря з часом зміню-  
 ється, а формула (1.4) отримана з припущення, що має місце сталий потік  
 теплоти через захисний шар.

Теплова інерція захисного шару визначається із залежності

$$D = \sum_{i=0}^n R_i S_i , \quad (1.6)$$

де  $n$  - число прошарків захисного шару;

$R_i$  - термічний опір  $i$ -го прошарку,  $m^2 \cdot ^\circ K / Wt$ ;

$S_i$  - коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу  $i$ -го прошарку,  $Wt / (m^2 \cdot ^\circ K)$ .

Теплова інерція характеризує ступінь загасання температурних  
 хвиль у товщі захисного шару. Числове значення  $D$  (додаток Д) визначає  
 масивність захисної конструкції. Для вибору розрахункової температури  
 зовнішнього повітря залежно від значення  $D$  необхідно знати середні тем-  
 ператури зовнішнього повітря: за найбільш холодну добу  $t_1^{0,92}$ ; за най-  
 більш холодну п'ятиденку  $t_5^{0,92}$  і середню температуру найбільш холодної  
 доби  $t_1^{0,98}$  (додаток Е) для місцевості, в якій здійснюється будівництво,  
 або експлуатується захисна конструкція.

Описана вище методика розрахунку необхідного опору теплопереда-  
 чі  $R_0^{\text{потр}}$  застосовується для непрозорих захисних конструкцій. Необхідний  
 опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (ліхтарів, вікон, балкон-  
 них дверей тощо) нормується на основі даних у залежності від різниці роз-  
 рахункових температур зовнішнього і внутрішнього повітря.

Величина  $R_0^{\text{потр}}$  повинна розглядатись як нижня межа опору тепло-  
 передачі захисного шару

$$R_0 \geq R_0^{\text{потр}} . \quad (1.7)$$

Оптимальна величина опору теплопередачі задовольняє нерівність

$$R_0^{\text{опт}} > R_0^{\text{потр}} \quad (1.8)$$

або

$$R_0^{\text{опт}} = R_0^{\text{потр}} . \quad (1.9)$$

### 1.3 Визначення необхідної товщини утеплювача зовнішніх захисних конструкцій

#### 1.3.1 Існуюче будівництво

У загальному випадку захисні конструкції складаються з декількох окремих шарів, які мають різне призначення.

Задача теплотехнічного розрахунку захисної конструкції для холодного періоду року полягає у визначенні необхідної товщини шару утеплювача, яка б задовольняла рівність:

$$R_0 = R_0^{\text{потр}} . \quad (1.10)$$

Загальний опір теплопередачі визначається як

$$R_0 = R_{\text{в}} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{\text{ут}} + R_3 , \quad (1.11)$$

де  $R_{\text{в}}$  і  $R_3$  - термічні опори теплообміну, відповідно, внутрішньої і зовнішньої поверхні стіни  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$R_1, R_2, \dots, R_n$  – термічні опори окремих прошарків захисного шару,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$R_{\text{ут}}$  – термічний опір шару утеплювача,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Термічні опори теплообміну внутрішньої і зовнішньої поверхонь визначаються

$$R_{\text{в}} = 1 / \alpha_{\text{в}} , \quad (1.12)$$

$$R_3 = 1 / \alpha_3 , \quad (1.13)$$

де  $\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі із зовнішньої поверхні для зимових умов, прийнятий за додатком Ж;

$\alpha_{\text{в}}$  – коефіцієнт теплосприйняття, прийнятий незалежно від призначення для внутрішніх поверхонь приміщення  $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  (додаток В).

Підставивши у формулу (1.11) значення  $R_0$ ,  $R_{\text{в}}$  і  $R_3$  відповідно до співвідношень (1.10), (1.12) і (1.13), отримуємо формулу для визначення термічного опору шару утеплювача

$$R_{\text{ут}} = R_0^{\text{потр}} - (R_{\text{в}} + R_1 + \dots + R_n + R_3) . \quad (1.14)$$

Необхідна товщина шару утеплювача:

$$\delta_{\text{ут}} = \lambda_{\text{ут}} \cdot R_{\text{ут}} , \quad (1.15)$$

де  $\lambda_{\text{ут}}$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу утеплювача, Вт/(м·К).

Спочатку товщина утеплювача визначається з припущення, що захисний шар має “легку”, “малу”, “середню” або “масивну” інерційність. Далі необхідно перевірити, чи відповідає припущення обчисленому значенню теплової інерції **D**. Якщо не відповідає, то потрібно зробити повторний розрахунок товщини шару утеплювача при отриманому значенні **D**.

### 1.3.2 Нове будівництво, реконструкція й капітальний ремонт

За додатком до наказу Мінбудархітектури України за № 247 від 27 грудня 1993 року нормативний опір теплопередачі захисних конструкцій  $R_{\Sigma}^{\text{ВП}}$  при розрахунковій температурі внутрішнього повітря 18°C приймається залежно від типу конструкції та температурного району будівництва, м<sup>2</sup>·К/Вт.

Якщо в розрахунках використовується інша температура внутрішнього повітря, то нормативний опір теплопередач визначається за формулою:

$$R_{\Sigma}^{\text{В}} = (0,1 + 0,05 t_{\text{в}}) R_{\Sigma}^{\text{ВП}}, \quad (1.16)$$

де  $t_{\text{в}}$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С (якщо  $t_{\text{в}} = 18^{\circ}$ , то  $R_{\Sigma}^{\text{В}} = R_{\Sigma}^{\text{ВП}}$ ).

Далі розрахунок ведеться за залежностями (1.14), (1.15), в які замість  $R_0^{\text{нотр}}$  підставляємо  $R_{\Sigma}^{\text{В}}$ .

Значення опору теплопередачі для різних захисних конструкцій та їх утеплювачів визначаються з табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Значення опору теплопередачі для різних захисних конструкцій та їх утеплювачів

Конструктивні шари, характеристики матеріалів, $\rho(\text{кг/м}^3)$ , $\lambda(\text{Вт/м}^{\circ}\text{C})$	Вид і характеристика утеплювача, $\rho(\text{кг/м}^3)$ , $\lambda(\text{Вт/м}^{\circ}\text{C})$	Опір теплопередачі, <b>R</b> (м <sup>2</sup> ·°C/Вт)	Рекомендована для використання температурна зона
1	2	3	4
Тришарова панель з ефективним утеплювачем			
Керамзитобетон $\rho = 1100$ , $\lambda = 0,46$	Пінополістирол $\rho = 40$ , $\lambda = 0,05$	2,74 – 2,57	I – IV
Керамзитобетон $\rho = 1200$ , $\lambda = 0,52$	Пінополістирол $\rho = 40$ , $\lambda = 0,05$	2,59 – 2,41	I – IV
Керамзитобетон $\rho = 1100$ , $\lambda = 0,46$	Мінеральна вата $\rho = 200$ , $\lambda = 0,076$	2,26 – 2,12	I – IV

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Керамзитобетон $\rho = 1200, \lambda = 0,52$	Мінеральна вата $\rho = 200, \lambda = 0,076$	2,09 – 2,00	II – IV
Ефективна кладка з керамічних каменів			
Камені керамічні з щілинними порожечками $\rho = 1400, \lambda = 0,58$	Пінополістирол $\rho = 40, \lambda = 0,05$	2,53 – 2,39	I - IV
Камені керамічні з щілинними порожечками $\rho = 1400, \lambda = 0,58$	Мінеральна вата $\rho = 200, \lambda = 0,076$	2,09 – 2,00	II - IV
Монолітні простінки з ефективним утеплювачем			
Керамзитобетон $\rho = 1100, \lambda = 0,46$	Пінополістирол $\rho = 40, \lambda = 0,05$	2,74 – 2,54	I - IV
Керамзитобетон $\rho = 1200, \lambda = 0,52$	Пінополістирол $\rho = 40, \lambda = 0,05$	2,59 – 2,42	I - IV

#### 1.4 Визначення теплозахисних властивостей зовнішніх конструкцій з двовимірним температурним полем

Складніше розрахувати передачу тепла через захисні шари неоднорідною конструкцією поверхні, яка перпендикулярна до напрямку теплового потоку. В цьому випадку порушується одновимірність температурного поля, і для точного розв'язання необхідний розрахунок двовимірного температурного поля. Якщо поверхню захисного шару розбити на окремі площі, в межах яких конструкція однорідна в напрямку теплового потоку, і умовно вважати, що в межах такої площі зберігається одновимірність температурного поля, то для теплових розрахунків можна користуватися формулами (1.11).

Термічний опір товщі захисного шару визначається за формулою

$$\frac{1}{R_T} = \frac{\sum \frac{1}{R_n} * F_n}{\sum F_n}; \quad R_T = \frac{\sum F_n}{\sum \frac{1}{R_n} * F_n}, \quad (1.17)$$

де  $F_n$  - окремі площі захисного шару,  $m^2$ , в межах яких конструкція однорідна в напрямку, перпендикулярному тепловому потоку;

$R_n$  - термічний опір товщі захисного шару в межах цих площин,  $(^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2)/\text{Вт}$ .  
 Термічні опори окремих ділянок визначаються так:  
 а) однорідних:

$$R = \delta / \lambda, \quad (1.18)$$

де  $\delta$  - товщина шару, м;

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$ .

б) неоднорідних:

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n, \quad (1.19)$$

де  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$  - термічні опори окремих шарів захисних конструкцій,  $\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ .

Площинами, які перпендикулярні до напрямку теплового потоку, умовно розділяють захисну конструкцію на ділянки, які можуть складатись з одного чи декількох шарів.

Середній термічний опір  $R_{\perp}$  захисної конструкції при розподілі її площинами на шари, які перпендикулярні до теплового потоку, визначається як сума термічних опорів окремих шарів.

Повинна виконуватись залежність:

$$R_{\parallel} > R_{\perp}. \quad (1.20)$$

Якщо конструкція захисного шару складається з неоднорідних матеріалів як в паралельному  $\parallel$ , так і в перпендикулярному  $\perp$  напрямках по відношенню до напрямку теплового потоку, а товщі шарів і сторони окремих площ мають розміри одного порядку, то користуються умовним розрахунковим методом.

Визначають опір теплопровідності товщі захисного шару за формулою (1.11) і позначають цю величину  $R_{\parallel}$ , що підкреслює про визначення опору в результаті розбивання захисного шару перерізами, які паралельні тепловому потоку. Далі розбивають захисний шар на характерні шари площинами, які перпендикулярні напрямку теплового потоку. Визначають термічні опори цих шарів, як таких що розташовані у напрямку теплового потоку, і додають їх у відповідності з формулою (1.19). Отриманий таким чином термічний опір товщини захисного шару позначають  $R_{\perp}$ .

Ступінь розбіжності  $R_{\parallel}$  та  $R_{\perp}$  залежить від форми та розташування різних вкраплень в конструкції та від співвідношення коефіцієнтів теплопровідності основного матеріалу захисної конструкції й матеріалу вкраплень.

Ступінь розбіжності визначається як:

$$\varepsilon = \frac{R_{\parallel} - R_{\perp}}{R_{\perp}} 100\% < 25\%. \quad (1.21)$$

Середній термічний опір неоднорідної захисної конструкції:



$$R_{\text{сер}} = \frac{2R_{\perp} + R_{\parallel}}{3}, \quad (1.22)$$

де  $R_{\parallel}$  - опір теплопровідності, який визначено в результаті розбивання захисного шару на шари перерізами, паралельними до теплового потоку;

$R_{\perp}$  - опір теплопровідності, який визначено в результаті розбивання захисного шару на шари перерізами, перпендикулярними напрямку теплового потоку.

### 1.5 Перевірка теплостійкості захисного шару для літнього теплового режиму

При виконанні теплофізичного розрахунку виникає необхідність перевірки захисної конструкції для літнього теплового режиму. Основною задачею такого розрахунку є визначення амплітуди коливання температури на внутрішній поверхні захисного шару:

$$A_{\text{вн}} = A^{\text{розр}} / \nu, \quad (1.23)$$

де  $A^{\text{розр}}$  – розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря;

$\nu$  - затування розрахункової амплітуди коливання температури зовнішнього повітря.

Розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря

$$A^{\text{розр}} = 0,5 \frac{\rho(I_{\text{max}} - I_{\text{сер}})}{\alpha_3}, \quad (1.24)$$

де  $\rho$  - коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні захисної конструкції (приймається за додатком Н);

$I_{\text{max}}$  і  $I_{\text{сер}}$  - максимальне і середнє значення сумарної сонячної радіації (за [4, додаток 10] залежно від захисного шару);

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої поверхні для літнього режиму:

$$\alpha_3 = 1,16 (5 + 10\sqrt{V}), \quad (1.25)$$

де  $V$  - мінімальна із середніх швидкостей вітру по румбах за липень (додаток П), але приймається не менше 1 м/с.

Максимальна амплітуда  $A^{\text{розр}}$  добових коливань температури зовнішнього повітря приймається за [4, додаток 2].

Затування розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря біля захисної конструкції:

$$v=0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(s_1 + \alpha_B) \cdot (s_2 + \gamma_1) \cdot \dots \cdot (s_n + \gamma_{n-1}) \cdot (\alpha_3 + \gamma_3)}{(s_1 + \gamma_1) \cdot (s_2 + \gamma_2) \cdot \dots \cdot (s_n + \gamma_n) \cdot \alpha_3}, \quad (1.26)$$

де  $e = 2,718$  – основа натурального логарифма;

$D$  – теплова інерція захисних шарів, що визначається за формулою (1.6);

$\alpha_B$  і  $\alpha_3$  - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхні захисного шару, визначаються за додатком В.

$\gamma_i$  – коефіцієнти теплосасвоєння  $i$ -тих шарів.

Розрахунок затухання температурних коливань усередині багатошарової конструкції потрібно починати з останнього конструктивного прошарку за напрямком прямування теплової хвилі.

Для визначення коефіцієнтів теплосасвоєння зовнішньої поверхні окремих шарів  $\gamma_i$  необхідно попередньо обчислити теплову інерцію  $D_i$  кожного шару за формулою (1.6).

Коефіцієнт теплосасвоєння зовнішньої поверхні прошарку з  $D < 1$  визначається розрахунком, починаючи з першого шару:

$$\gamma_1 = \frac{R_1 S_1^2 + \alpha_B}{1 + R_1 \alpha_B} \quad (1.27)$$

для  $i$ -го прошарку:

$$\gamma_i = \frac{R_i S_i^2 + \gamma_{i-1}}{1 + R_i \cdot \gamma_{i-1}}. \quad (1.28)$$

У географічних районах із середньомісячною температурою липня  $21^\circ\text{C}$  і вище амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні захисного шару не повинна бути більша за потрібну:

$$A_3 < A^{\text{потр}}, \quad (1.29)$$

де  $A^{\text{потр}} = 2,5 - 0,1 (t_3 - 21). \quad (1.30)$

Якщо температура зовнішнього повітря в липні менша за  $21^\circ\text{C}$ , то  $A^{\text{потр}} = 25^\circ\text{C}$ .

Якщо амплітуда коливання температури на внутрішній поверхні захисного шару  $A_{\text{вн}} > A^{\text{потр}}$ , то теплостійкість захисного шару можна підвищити без зміни його товщини за рахунок зменшення коефіцієнта поглинання сонячної радіації матеріалом.

Для цього зовнішню поверхню захисного шару потрібно покрити штукатуркою світлих тонів (додаток Н). У цьому випадку роблять перерахунок розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря. Отримане значення  $A_{\text{вн}}$  зіставляють з  $A^{\text{потр}}$ .

## 1.6 Оцінювання фактичної величини опору теплопередачі зовнішніх захисних конструкцій

Важливою енергозберігаючою характеристикою будівель є показник теплозахисту зовнішніх захисних конструкцій – приведений опір теплопередачі. Приведений опір теплопередачі визначають шляхом лабораторних випробувань зразків матеріалів або фрагментів будівельних конструкцій в кліматичних камерах та дослідженнями безпосередньо в натурних умовах експлуатації будівель.

Лабораторні випробування вимагають значних затрат матеріальних ресурсів та часу. Їх результати не характеризують достатньо достовірно теплозахисні властивості реальних об'єктів. Натурні дослідження більш достовірно характеризують фактичні теплотехнічні параметри зовнішніх захисних конструкцій, оскільки виконуються на реальних об'єктах в конкретних кліматичних умовах. Визначення опору теплопередачі захисних конструкцій в натурних умовах експлуатації дозволяє дати кількісну оцінку теплотехнічним характеристикам захисних конструкцій і перевірити їх відповідність нормативним вимогам.

Методи визначення опору теплопередачі в натурних умовах експлуатації будівель ґрунтуються на створенні в захисних конструкціях умов стаціонарного теплообміну та вимірювання температури зовнішнього повітря і всередині приміщення, температури поверхні захисних конструкцій та щільності теплового потоку, який проходить через цю поверхню. За виміряними величинами обчислюють відповідні теплофізичні характеристики захисних конструкцій будівель.

Опір теплопередачі для термічно однорідної зони захисної конструкції обчислюють за формулою [9]

$$R_{oi} = R_{vi} + R_{zi} + R_{ki} = (t_{vi} - \tau_{vi}) \cdot q_{\phi i} + (\tau_{vi} - \tau_{zi}) \cdot q_{\phi i} + (\tau_{zi} - t_{zi}) \cdot q_{\phi i}, \quad (1.31)$$

де  $R_{vi}$ ,  $R_{zi}$  - відповідно, опір теплосприйняття й тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхні захисної конструкції,  $m^2 \cdot ^\circ K / Wt$ ;

$R_{ki}$  - термічний опір однорідної зони захисної конструкції,  $m^2 \cdot ^\circ K / Wt$ ;

$t_{vi}$ ,  $t_{zi}$  - середні за розрахунковий період виміряні значення температур повітря, відповідно, всередині приміщення та зовні,  $^\circ K$ ;

$\tau_{vi}$ ,  $\tau_{zi}$  - середні за розрахунковий період виміряні значення температур, відповідно, внутрішньої і зовнішньої поверхні захисної конструкції,  $^\circ K$ ;

$q_{\phi i}$  - середня за розрахунковий період вимірювання фактична щільність теплового потоку, що проходить через характерну зону,  $Wt / m^2$ .

Проведення натурних досліджень для визначення температур зовнішньої поверхні захисної конструкції безпосередньо в точках, які відповідають місцям установаження перетворювача щільності теплового потоку на внутрішній поверхні захисного шару, практично неможливо. Це обумовлено технічними труднощами вимірювання температури зовнішньої поверхні

захисного шару безконтактним термометром вище другого поверху, неможливістю правильного встановлення на зовнішній поверхні захисної конструкції точки для вимірювання температури, яка б відповідала місцю встановлення перетворювача щільності теплового потоку на внутрішній поверхні захисного шару, та згладжуванням температурних аномалій за рахунок використання різних оздоблень фасаду будівель.

У випадках, коли неможливо визначити температуру зовнішньої поверхні захисних конструкцій, опір теплопередачі визначають за формулою

$$R_0 = (t_b - t_3) / q_{cp}, \quad (1.32)$$

де  $t_b$ ,  $t_3$  - середня температура повітря, відповідно, всередині та зовні приміщення, °С;

$q_{cp}$  - середня виміряна щільність теплового потоку, що проходить через захисний шар, Вт/м<sup>2</sup>.

Приведений опір теплопередачі визначають для захисних конструкцій, що мають неоднорідні ділянки й відповідну їм нерівномірність температури поверхні, за формулою

$$R_0 = \frac{F}{\sum(F_i/R_{oi})}, \quad (1.33)$$

де  $F$  - площа випробуваної захисної конструкції, м<sup>2</sup>;

$F_i$  - площа характерної ізотермічної зони, м<sup>2</sup>;

$R_{oi}$  - опір теплопередачі характерної зони, що його обчислюють за формулою (1.31) або (1.32), м<sup>2</sup> °К/Вт.

Допускається опір теплопередачі характерних зон обчислювати за формулою

$$R_{oi} = (t_b - t_3) / \alpha_b(t_b - \tau_b), \quad (1.34)$$

де  $t_b$ ,  $t_3$  - середні за розрахунковий період виміряні значення температури повітря, відповідно, всередині приміщення та зовні, °К;

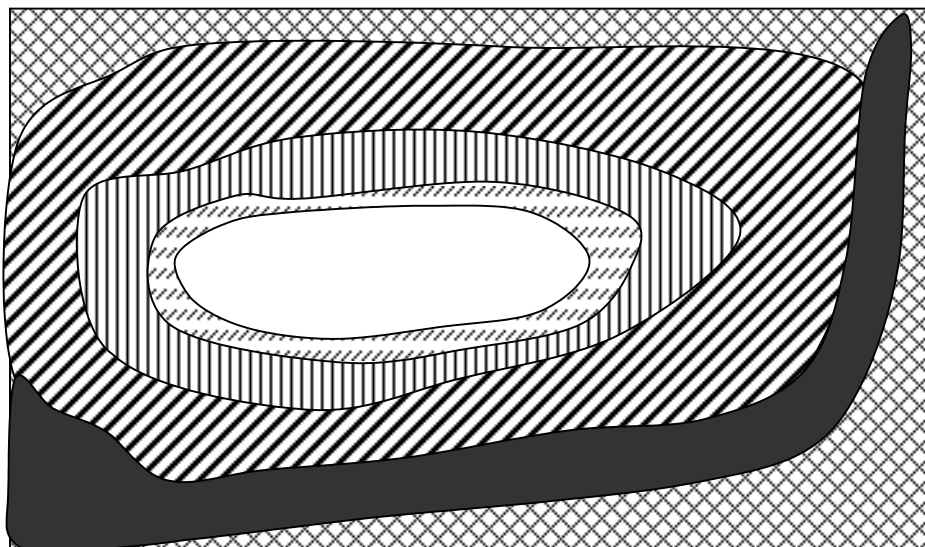
$\tau_b$  - середнє за розрахунковий період значення виміряної температури внутрішньої поверхні захисної конструкції, °К;

$\alpha_b$  - коефіцієнт теплосприйняття на внутрішній поверхні зовнішнього захисного шару, Вт/м<sup>2</sup> °К.

Приведений опір теплопередачі зовнішніх захисних конструкцій можна визначити контактним та безконтактним способами. Суть контактного способу полягає у визначенні величини щільності теплового потоку, який проходить через зовнішній захисний шар. Перетворювачі теплових потоків не менше, ніж двічі розміщують в центрі однорідних зон фрагментів захисних конструкцій. Їх розміщують рівномірно по термограмі в місцях з однаковим кольором, тобто на поверхнях з однаковою температурою (рис. 1.1). За середніми значеннями зафіксованої температури зовнішнього і внутрішнього повітря та середньою щільністю теплового потоку, який

проходить через зовнішній захисний шар, обчислюють приведений опір теплопередачі захисних конструкцій.

При розрахунках величини приведенного опору теплопередачі виникають труднощі у визначенні площі термічно однорідних зон фрагментів зовнішнього захисного шару, що мають однаковий колір на термограмі. Недоліком цього способу є також установа перетворювача теплового потоку на поверхні зовнішнього захисного шару, оскільки у більшості випадків найбільш “холодна” кольорова зона має невеликі розміри та нечіткі границі.



**Рисунок 1.1 - Термограма розподілу температурних полів по внутрішній поверхні зовнішньої стіни**

Безконтактний спосіб ґрунтується на вимірюванні температури внутрішньої поверхні захисних конструкцій портативними комп'ютерними термографами. Наприклад, портативний термограф “JRTIS-200” дозволяє фіксувати температуру поверхні захисної конструкції з точністю до  $0,05^{\circ}\text{C}$  в 65 536 точках на одному термозображенні.

Методика визначення приведенного опору теплопередачі зовнішніх захисних конструкцій автоматизованим безконтактним способом така.

Обстежувану захисну конструкцію розмічають ділянками, що зручні для термографування так, щоб при наступній обробці отриманих результатів можна було відтворити цілісну картину зовнішнього захисного шару (рис. 1.2).

Послідовно виконують тепловізійні знімання кожної виділеної ділянки захисного шару (на рис. 1.2 показано ділянку пунктиром) з необхідною кількістю точок.

Для кожної виділеної ділянки захисного шару за температурою внутрішнього й зовнішнього повітря й коефіцієнтом теплосприйняття у внутрішній поверхні обчислюють приведений опір теплопередачі

$R_{01}^{PP}$ 1	$R_{02}^{PP}$ 2	$R_{03}^{PP}$ 3	$R_{04}^{PP}$ 4
$R_{05}^{PP}$ 5	$R_{06}^{PP}$ 6	$R_{07}^{PP}$ 7	$R_{08}^{PP}$ 8

Рисунок 1.2 – Послідовність і обробка результатів термографування автоматизованим безконтактним способом

$$R_{0i}^{PP} = \frac{N}{\alpha_B [(t_B - \tau_{B1}) + (t_B - \tau_{B2}) + \dots + (t_B - \tau_{BN})] / (t_B - t_3)}, \quad (1.35)$$

де  $N$  - кількість точок на одному термозображенні;

$\tau_{B1}, \tau_{B2}, \dots, \tau_{BN}$  - температура поверхні зовнішнього захисного шару, що визначається термографом в кожній точці термозображення, °С;

$\alpha_B$  - коефіцієнт теплосприйняття біля внутрішньої поверхні захисних конструкцій, Вт/(м<sup>2</sup> °С);

$t_B, t_3$  - середня температура, відповідно, внутрішнього й зовнішнього повітря в період випробувань, °С.

Приведений опір теплопередачі всього зовнішнього захисного шару визначають за формулою

$$R_0^{PP} = \frac{R_{01}^{PP} + R_{02}^{PP} + \dots + R_{0N}^{PP}}{n}, \quad (1.36)$$

де  $n$  - кількість ділянок, що зручні для термографування.

Натурні дослідження за допомогою термографа дозволяють не тільки встановити фактичний рівень теплозахисту будівель, але й контролювати тепловий стан будівельних конструкцій та виявляти різноманітні порушення однорідності їх структури, що призводять до змін процесів теплообміну з зовнішнім середовищем.

## 1.7 Обробка результатів вимірювання на ЕОМ

Використання ЕОМ дозволяє значно прискорити, поліпшити і збільшити точність обчислення товщини шару утеплювача. Розрахункам на ЕОМ передують розробка алгоритмів і програм розв'язання задач з теплофізики.

Приклад алгоритму обчислення товщі утеплювача представлено на рис. 1.3.

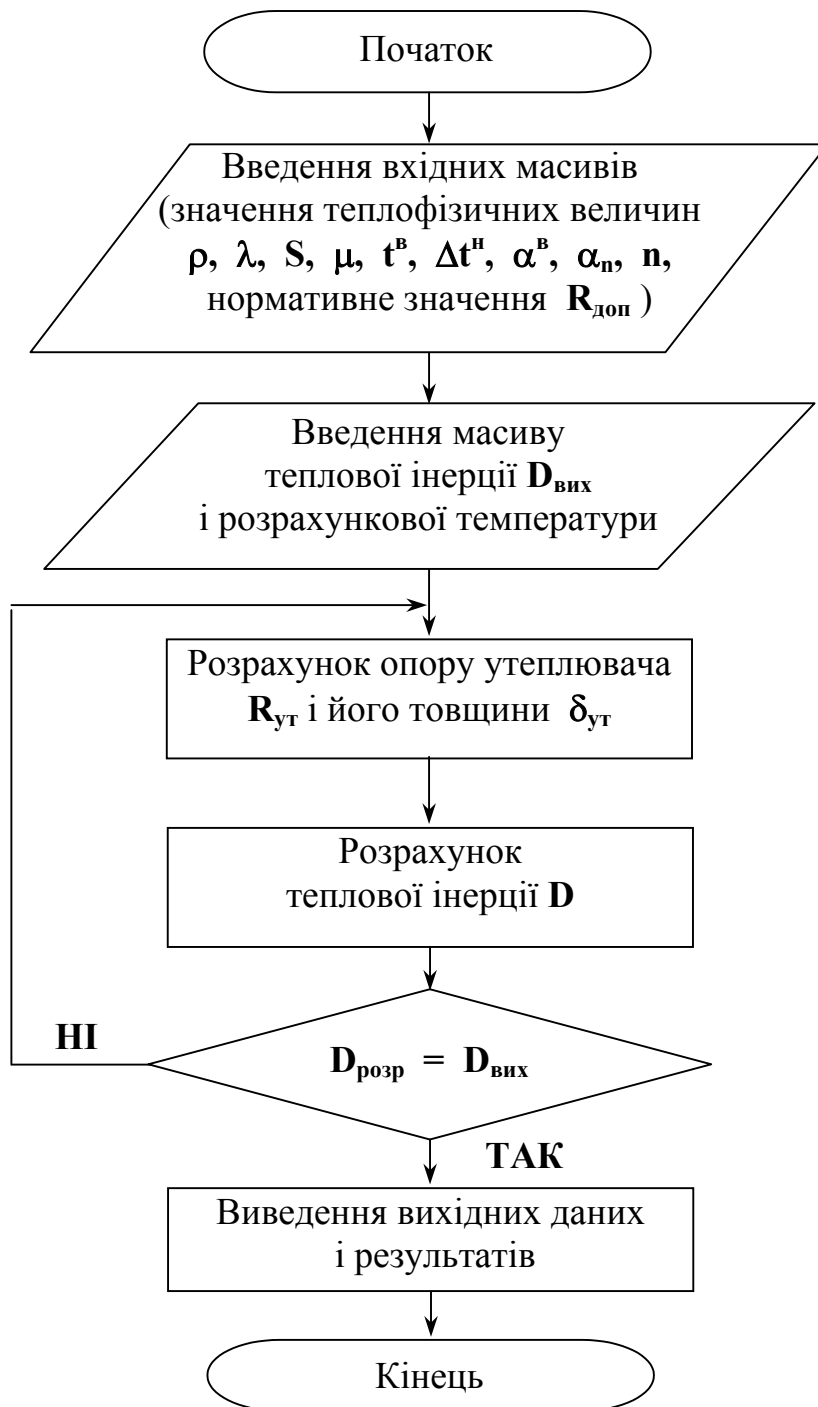


Рис. 1.3 – Алгоритм обчислення товщі утеплювача

Вхідні дані

Показники	Позначка	Одиниці вимірювання	Величина
Матеріал:			
1 Щільність	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	
2 Теплопровідність	$\lambda$	Вт/(м К)	
3 Коефіцієнт теплосвоєння	$S$	Вт/(м <sup>2</sup> К)	
4 Коефіцієнт повітропроникності	$\mu$	г/(м·год·Па)	
5 Нормативний припустимий температурний перепад	$\Delta t^H$	°С	
6 Коефіцієнт теплосприйняття	$\alpha^B$	Вт/м <sup>2</sup> °С	
7 Коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні	$n$		
8 Коефіцієнт тепловіддачі	$\alpha_3$	Вт/м <sup>2</sup> °С	
9 Нормований опір теплопередачі зовнішніх конструкцій	$R^{нор}$	м °С/Вт	
10 Теплова інерція	$D$	-	
11 Розрахункова зимова температура	$t_1^{0,98}$ $t_1^{0,92}$ $t_3$ $t_5^{0,92}$	°С °С °С °С	

Вихідні дані:

Матеріал шарів $\lambda$ , Вт/(м <sup>2</sup> °С)	$\lambda_1$	$\lambda_2$	...	$\lambda_n$
Товщина шару $\delta$ , м	$\delta_1$	$\delta_2$	...	$\delta_n$

Виконання розрахунку дає можливість здійснювати моделювання зовнішньої конструкції і розв'язання питань з точки зору будівельної теплофізики а також з точки зору енергозбереження.



## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Наведіть обмеженість розрахункового перепаду температур між повітрям у приміщенні і на холодних поверхнях захисної конструкції.
2. Визначити опір теплопередачі захисного шару.
3. Наведіть теплову інерцію багатошарової конструкції.
4. Наведіть методику розрахунку необхідного опору теплопередачі для непрозорих конструкцій.
5. Проаналізуйте термічні опори теплообміну внутрішньої і зовнішньої поверхні.
6. Як визначити нормативний опір теплопередачі захисних конструкцій за Постановою Мінбудархітектури України за № 247 від 27 грудня 1993 р.?
7. Визначити загальний опір теплопередачі конструкції.
8. Як здійснюється розрахунок конструкцій для нового будівництва?
9. Як визначити тепलोзахисні властивості зовнішніх конструкцій з двовимірним температурним полем?
10. Визначення термічного опору теплопередачі неоднорідної конструкції.
11. Наведіть значення амплітуди коливань температури зовнішнього повітря.
12. Поясніть затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря.
13. Чому амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні має бути більша за потрібну?
14. Як визначити опір теплопередачі для термічно однорідної зони?
15. Наведіть значення опору теплопередачі, коли неможливо визначити температуру зовнішньої поверхні захисної конструкції.
16. Як визначити приведений опір теплопередачі?
17. Наведіть суть контактного і безконтактного способу.
18. Який вигляд має термограма розподілу температурних полів?

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

### 2.1 Визначення положення площини конденсації

Повітря приміщення більш вологе, ніж зовнішнє. Внаслідок повітропроникності конструкцій а також різниці вологостей назовні і всередині будинку відбувається перенесення вологи через шари захисної конструкції в пароподібному стані. При цьому окремі шари захисної конструкції можуть перезволожуватись, що призводить до помітного зниження їх теплозахисних властивостей.

На вологісний стан захисної конструкції також впливають інші види вологи:

- технологічна волога, що внесена в конструкцію під час спорудження її або при використанні зволжених матеріалів;
- атмосферна волога у вигляді дощу, мокрого снігу, інею тощо;
- ґрунтова волога, яка всмоктується капілярами фундаментів і стін, якщо втрачена непроникність гідроізоляції або взагалі при її відсутності;
- волога, що конденсується, зволожуючи внутрішню частину захисних шарів у приміщеннях з підвищеним виділенням вологості.

Паропроникність матеріалів характеризується коефіцієнтом паропроникнення  $\mu$ , г/(м·год·Па), який характеризує відповідний шар матеріалу і наводиться в додатку А.

При стислому потоці водяної пари опір паропроникності

$$R_{\Pi} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\mu_i} , \quad (2.1)$$

де  $\delta_i$  - товщина  $i$ -го конструктивного шару захисної конструкції, м;

$\mu_i$  – коефіцієнт паропроникнення  $i$ -го шару захисної конструкції, г/(м·год·Па).

Розрахунок вологопроникності матеріалів окремих шарів, а також всієї конструкції зручніше за все здійснювати графо-аналітичним методом, який був розроблений О.В. Власовим і К.Ф. Фокіним.

В масштабі опорів паропроникненню на розрізі захисної конструкції будується лінія розподілення температур для окремих шарів матеріалу всередині конструкції.

Температуру на межах прошарків визначають

$$t_x = t_b - \frac{t_b - t_3}{R_0} (R_b + \sum R_x) , \quad (2.2)$$

де  $t_b$  – температура в приміщенні, °К;

$t_3$  – зовнішня температура повітря, °К;

$R_0$  – загальний опір теплопередачі всієї захисної конструкції,  $m^2 \cdot K / Wt$ ;

$R_b$  – термічний опір теплосприйняття конструкції,  $m^2 \cdot K / Wt$ ;

$\Sigma R_x$  - сума термічних опорів від внутрішньої поверхні конструкції до місця перерізу, яке досліджується.

Величину  $R_0$  приймають рівною до  $R_{\Sigma^B} - R_0 = R_{\Sigma^B}$ .

Температура зовнішнього повітря  $t_3$  приймається рівною середній температурі найхолоднішого місяця (додаток Е).

На тому ж кресленні будується лінія насичувальних парціальних тисків  $E$ , яка відповідає побудованому розподіленню температур у товщі захисної конструкції.

Далі будується лінія зміни дійсних парціальних тисків водяної пари  $e$  у товщі захисного шару.

Значення парціальних тисків на межах між окремими прошарками:

$$e_x = e_b - \frac{e_b - e_3}{R_n} R_{nx}, \quad (2.3)$$

де  $e_b$  і  $e_3$  – парціальні тиски водяної пари, відповідно, у внутрішньому і зовнішньому повітрі, Па;

$R_{nx}$  - сума опорів паропроникненню від внутрішньої поверхні конструкції до перерізу, що аналізується,  $m \cdot год \cdot Па / г$  ;

$R_n$  - загальний опір паропроникненню всієї конструкції,  $m \cdot год \cdot Па / г$  .

Якщо лінії  $E$  та  $e$  на графіку не перетинаються, то це свідчить про те, що в розрахункових умовах конденсація водяної пари не виникає.

Якщо ж лінії  $E$  та  $e$  на графіку перетинаються, то це вказує на наявність конденсації водяної пари у внутрішньому шарі захисної конструкції.

Для побудови лінії дійсної пружності водяної пари в захисній конструкції з точок на поверхні захисного шару, що відповідають  $e_b$  і  $e_3$ , проводять дотичні до лінії максимальної пружності водяної пари і відмічають точку дотику  $K$ . У цій точці буде знаходитися площина конденсації, тобто та частина захисного шару, у якій буде конденсуватись водяна пара.

Лінія  $e_b - K - e_3$  визначає дійсне падіння пружності водяної пари в стіні. Перерізи, в яких  $E$  і  $e$  максимально наближаються, називаються площиною ймовірної конденсації.

## 2.2 Розрахунок необхідного опору паропроникнення

Поряд із наведеним вище розрахунком необхідно розрахувати опір паропроникненню  $R_{nx}$  захисного шару в межах від внутрішньої поверхні до площини можливої конденсації і зіставити цю величину опору з необхідним опором. При розрахунках площину можливої конденсації одношарової захисної конструкції варто приймати на відстані, що рівна 2/3 товщини конструкції, від її внутрішньої поверхні. У багат шаровій конструкції

ції ця площина збігається із зовнішньою поверхнею утеплювача.

Значення  $R_{nx}$  повинно бути рівне:

1) необхідному опору  $R_{n_1}^{потр}$  з умови неприпустимості накопичення вологи в захисній конструкції за річний період експлуатації:

$$R_{n_1}^{потр} = \frac{e_B - E_x}{E_x - e_3} R_{пз} ; \quad (2.4)$$

2) необхідному опору паропроникнення  $R_{n_2}^{потр}$  за умови обмеження накопичення вологи в захисній конструкції за період із негативними середньомісячними температурами зовнішнього повітря

$$R_{n_2}^{потр} = \frac{2,4Z_0(e_B - E_0)}{10^3 \rho \delta_\omega \Delta\omega_{сер} + \eta} . \quad (2.5)$$

У формулах (2.4) і (2.5)  $E_x$  – парціальний тиск водяної пари у площині можливої конденсації за річний період експлуатації, Па;

$R_{пз}$  - опір паропроникненню частини захисної конструкції, розташованої між зовнішньою поверхнею захисної конструкції і площиною можливої конденсації,  $m^2 \cdot год \cdot Па / кг$ ;

$e_3 = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} e_i$  - середній парціальний тиск водяної пари в зовнішньому

повітрі за річний період, Па (додаток С);

$Z_0$  - тривалість періоду вологонакопичення в добах, прийнята рівною періоду з від'ємними середньомісячними температурами зовнішнього повітря [4];

$E_0$  - парціальний тиск водяної пари у площині можливої конденсації, що визначається за середньою температурою зовнішнього повітря періоду місяців із від'ємними середньомісячними температурами (додаток Л), Па;

$\rho$  - щільність матеріалу прошарку утеплювача, який зволожується,  $кг/м^3$ ;

$\delta_\omega$  - товщина прошарку утеплювача, який зволожується, м;

$\Delta\omega_{сер}$  - гранично допустиме збільшення розрахункового масового відношення вологи в зволоженому матеріалі прошарку, %, для газо- і пінобетонів  $\Delta\omega = 6\%$  (додаток К).

Парціальний тиск в перерізі  $x$  визначається в площині можливої конденсації:

$$E_x = \frac{1}{12} (E_1 \cdot t_1 + E_2 \cdot t_2 + E_3 \cdot t_3) , \quad (2.6)$$

де  $E_1, E_2, E_3, \dots$  - парціальний тиск в перерізах 1, 2, 3, Па;

$t_1, t_2, t_3 \dots$  - температура у відповідних перерізах, °С.

А значення

$$\eta = 2,4 (E_0 - e_{30}) Z_0 / R_{зп} , \quad (2.7)$$

де  $e_{30}$  – середній парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря, періоду місяців із від’ємними середньомісячними температурами, Па;

$R_{зп}$  - опір паропроникненню частини захисної конструкції, розташованої між зовнішньою поверхнею і площиною можливої конденсації,  $m^2 \cdot год \cdot Па / кг$ .

Якщо  $R_{n_1}^{потр} > R_{пх}$ , то волога, що накопичена в захисному шарі за холодний період року, не встигає випаровуватись за теплий період. Конструкція накопичує вологу, яка не встигає випаровуватись, тобто відбувається прогресуюче зволоження захисного шару.

Якщо  $R_{n_1}^{потр} \leq R_{пх}$ , то волога, що накопичилась у захисному шарі за холодний період року, до кінця теплого періоду встигає випаруватись. Накопичення вологи за річний період не відбувається.

Якщо  $R_{n_2}^{потр} > R_{пх}$ , то матеріал утеплювача до кінця періоду вологонакопичення буде в перезволоженому стані. Збільшення середньої вологості утеплювального прошарку буде перевищувати гранично допустиме збільшення розрахункового масового відношення вологи в матеріалі зволоженого прошарку.

Якщо  $R_{n_1}^{потр} > R_{пх}$ , то необхідний опір паропроникненню пароізоляційного шару  $R_{п.и.}$  визначається за більшим з отриманих за формулами (2.4) і (2.5):

$$R_{п.и.} = R_n^{потр} - R_{пх0} . \quad (2.8)$$

Значення опорів паропроникненню листових матеріалів і тонких прошарків пароізоляції наводяться в додатку М.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Наведіть опір паропроникності захисної конструкції.
2. Поясніть розрахунок вологопроникності матеріалів графоаналітичним методом.
3. Наведіть значення температури на межах прошарків.
4. Охарактеризуйте значення парціальних тисків в межах окремих прошарків.
5. Як визначається насичувальний парціальний тиск у товщі захисної конструкції.
6. Охарактеризуйте співвідношення парціальних тисків (того, який потрібний, і тиску опору паропроникненню частин конструкції, що розташовані між зовнішньою поверхнею і площиною можливої конденсації).

### 3 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ПОВІТРОПРОНИКНІСТЬ

#### 3.1 Визначення різниці тиску повітря на поверхні захисної конструкції

Повітропроникність через захисний шар відбувається при наявності різниці тисків між внутрішнім і зовнішнім повітрям.

Зовнішнє повітря надходить в приміщення через нижню частину захисного шару (інфільтрація), а внутрішнє виходить через верхню (ексфільтрація).

Приміщення можна умовно розділити на три зони: нижню (зона притоку), верхню (зона витоку) та нейтральну.

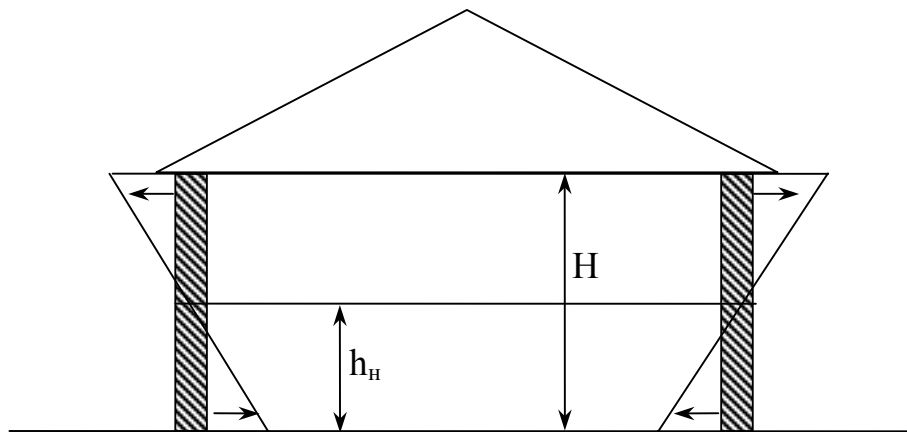


Рисунок 3.1 – Розподіл приміщення на зони дії повітря

Положення нейтральної зони:

$$h_n = 0,55 \cdot H, \quad (3.1)$$

де  $H$  – висота приміщення, м.

Максимальна величина теплового напору у верхній і нижній зонах:

$$\Delta P = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_z - \gamma_v), \quad (3.2)$$

де  $H$  - висота приміщення, м;

$\gamma_z, \gamma_v$  - об'ємна вага зовнішнього і внутрішнього повітря,  $\text{H}/\text{м}^3$ .

Об'ємна вага повітря:

$$\gamma_z = 3463 / (273 + t), \quad (3.3)$$

де  $t$  - температура зовнішнього чи внутрішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ .

На захисну конструкцію діє вітровий напір.

Повний тиск вітру перпендикулярний його напрямку

$$P_B = V^2 \cdot \gamma_z / (2 \cdot g), \quad (3.4)$$

де  $V$  - швидкість вітру, м/с;

$g = 9,81$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Відношення величини потенційної енергії тиску на поверхню до кінетичної енергії повітряного потоку називається аеродинамічним коефіцієнтом.

Для поверхонь, які розташовані вертикально із навітряного боку, аеродинамічний коефіцієнт рівний 0,8, а з підвітряного боку - 0,4.

Аеродинамічний коефіцієнт

$$K_{aep} = 1 - V_1^2 / V_0^2. \quad (3.5)$$

де  $V_0$  - швидкість повітря в перерізі 0-0, м/с;

$V_1$  - швидкість повітря в перерізі 1-1, м/с.

Якщо  $V_1 < V_0$ , то  $K_{aep} > 0$ ,

якщо  $V_1 > V_0$ , то  $K_{aep} < 0$ ,

якщо  $V_1 = 0$ , то  $K_{aep} = 0$ .

Схема обтікання будинку потоком повітря має вигляд (рис. 3.2):

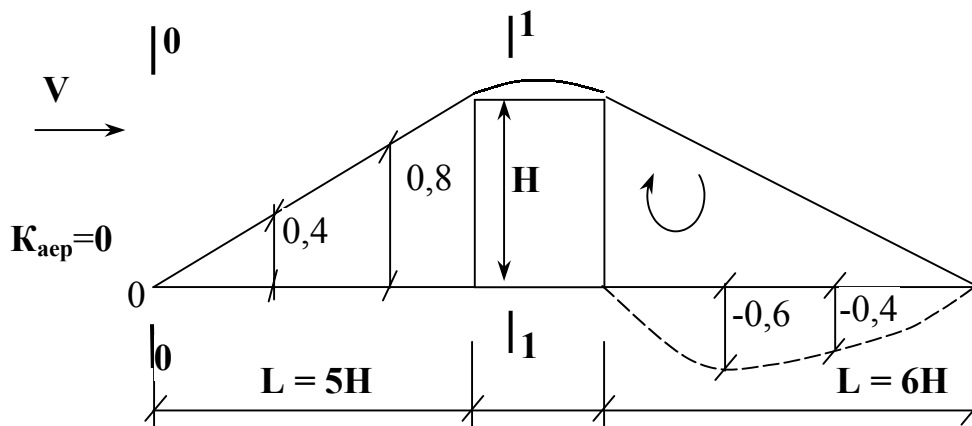


Рисунок 3.2 – Схема обтікання будинку потоком повітря

Дійсний тиск вітру на поверхню захисного шару

$$\Delta P_B = 0,03 \cdot V_m^2 \cdot \gamma_z, \quad (3.6)$$

де  $V_m$  - максимальна із середніх швидкостей вітру у січні, м/с (додаток П);

$t_z = t_5^{0,92}$  - середня температура найбільш холодних п'яти діб із забезпеченістю 0,92; °С (додаток Е).

Величину  $\Delta P$  для нижнього поверху обчислюють за формулою

$$\Delta P = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_3 - \gamma_B) + 0,03 \cdot \gamma_3 \cdot V_m^2. \quad (3.7)$$

### 3.2 Визначення необхідного опору повітропроникності захисної конструкції

Необхідний опір повітропроникності захисної конструкції

$$R_3^H = \frac{\Delta P}{G^n}, \quad (3.8)$$

де  $\Delta P$  - різниця тисків повітря на зовнішній і внутрішній поверхнях, Па;

$G^n$  - нормативна повітропроникність захисного шару, що приймається за додатком Т, кг/(м<sup>2</sup>·год).

Для вікон та балконних дверей житлових і громадських будинків необхідний опір повітропроникності визначається:

$$R_3^H = \frac{1}{G^n} \cdot \left( \frac{\Delta P}{10} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad \text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{кг} \quad (3.9)$$

### 3.3 Визначення розрахункового опору повітропроникності захисної конструкції

Для багатошарової конструкції загальний опір повітропроникності

$$R_3^{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (3.10)$$

де  $R_3$  - опір повітропроникності  $i$ -го захисного шару, м<sup>2</sup>·год·Па/кг;

$n$  - кількість шарів у конструкції.

Опір повітропроникності може бути розрахований за формулою

$$R_i = \frac{\delta}{i}, \quad (3.11)$$

де  $\delta$  - товщина шару конструкції, м;

$i$  - коефіцієнт повітропроникності  $i$ -го шару матеріалу, кг/(м·год·Па).

Якщо виконується умова



$$R_3 \geq R_3^H, \quad (3.12)$$

то конструкція задовольняє повітропроникність.

Якщо

$$R_3 < R_3^H, \quad (3.13)$$

то необхідно ввести в захисну конструкцію додаткові шари з великим опором повітропроникності.

Кількість повітря, що надходить у приміщення будинків через захисні шари внаслідок їх повітропроникності (за винятком вікон і дверей), кг/м<sup>2</sup> · год:

$$G = \frac{\Delta P}{R_i^{\text{заг}}}, \quad (3.14)$$

Для вікон і балконних дверей

$$G = \frac{(\Delta P)^{2/3}}{R_i^{\text{вік}}} = \frac{1}{R_i^{\text{вік}}} \cdot \left( \frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right)^{2/3}, \quad (3.15)$$

де  $R_i^{\text{вік}}$  - опір повітропроникності вікон (за додатком Т), м<sup>2</sup>·год·Па/кг;

$\Delta P$  - різниця тисків на зовнішній і внутрішній поверхнях захисної конструкції, Па;

$\Delta P_0$  - різниця тисків у нейтральній зоні захисного шару, Па.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Визначіть різницю тиску повітря на поверхні захисної конструкції.
2. Як здійснюється розподіл приміщення на зони дії повітря?
3. Наведіть схему обтікання будинку потоком повітря.
4. Поясніть значення аеродинамічного коефіцієнта.
5. Наведіть необхідний опір повітропроникності.
6. Визначіть розрахункове значення опору повітропроникності.
7. Наведіть кількість повітря, що надходить у приміщення будинків.
8. Визначіть кількість повітря, що надходить у приміщення через вікна і балконні двері.

## 4 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

### 4.1 Вихідні дані

Визначити необхідну товщину шару утеплювача для зовнішньої стіни опалюваного житлового будинку, що розташований в м. Вінниці.

Перевірити конденсацію водяної пари у товщі стіни і розрахувати опір паропроникненню для зимового теплового режиму. Перевірити теплозахисні властивості стіни для літнього теплового режиму.

Стіна орієнтована на захід, виконана з цегляної кладки:

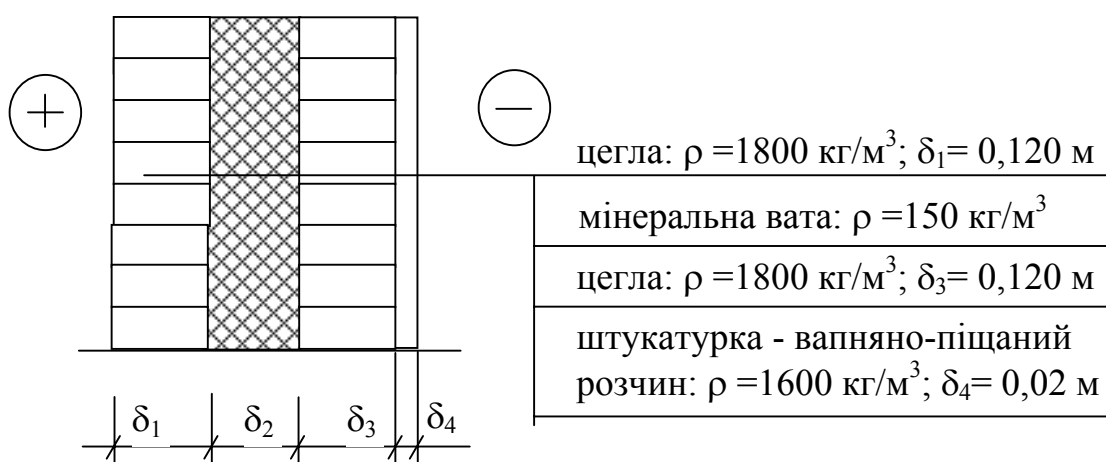


Рисунок 4.1 – Розрахункова конструкція стіни

Розрахункова температура внутрішнього повітря  $t_{\text{в}} = 19^\circ\text{C}$ , відносна вологість  $\varphi_{\text{в}} = 67\%$ .

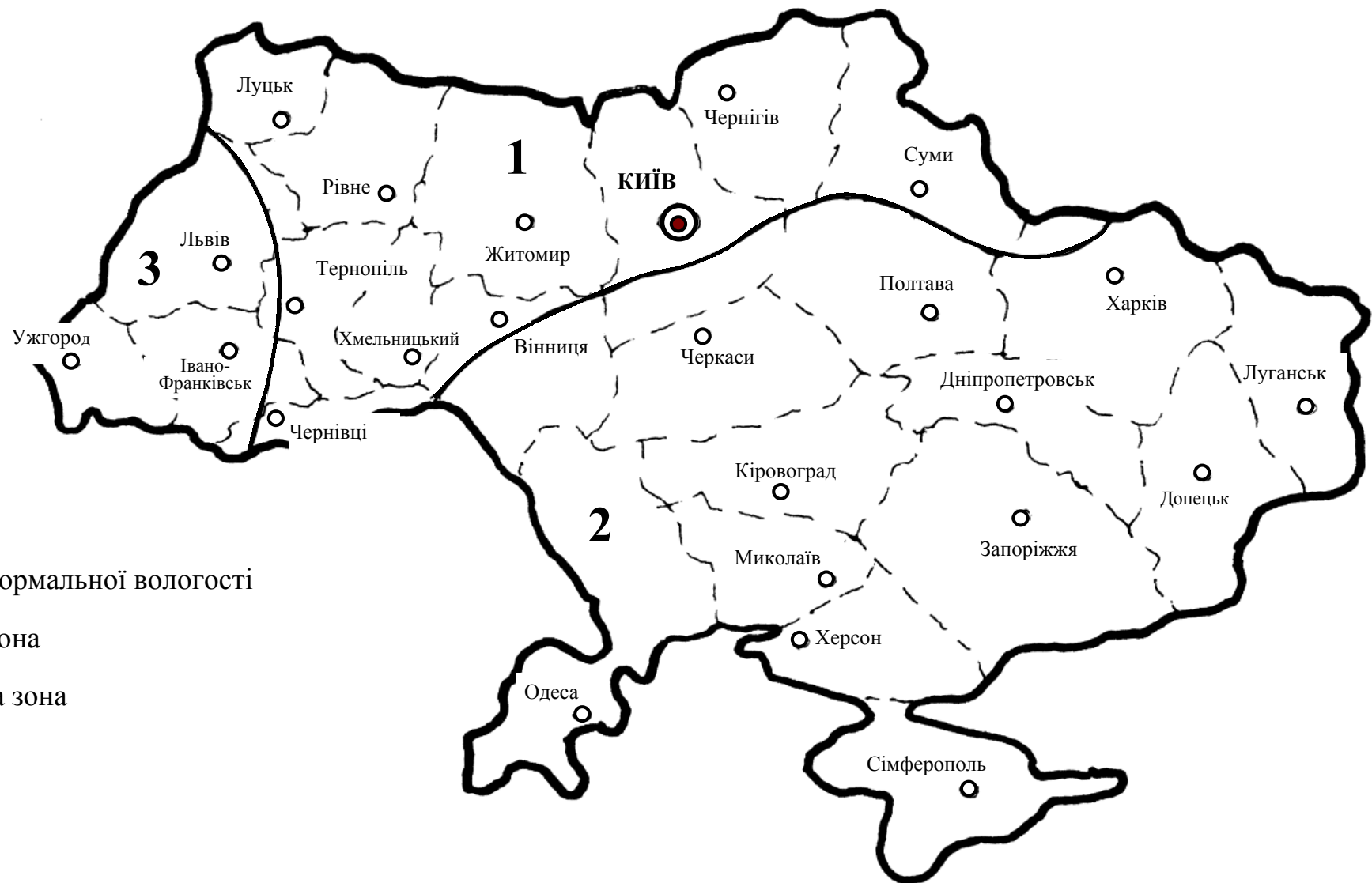
### 4.2 Розрахунок захисної конструкції для холодної пори року

За додатком Е для м. Вінниці визначаємо:

- температуру найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92:  $t_5^{0,92} = - 21^\circ\text{C}$ ;
- температуру найбільш холодної доби забезпеченістю 0,92:  $t_1^{0,92} = - 26^\circ\text{C}$ ;
- температуру найбільш холодної доби забезпеченістю 0,98:  $t_1^{0,98} = - 29^\circ\text{C}$ .

За схематичною картою (рис. 4.2) визначаємо, що м. Вінниця знаходиться в нормальній зоні вологості.

За додатком А умови експлуатації стіни відносяться до категорії, яка розраховується  $(A+B)/2$ . З додатку А для умов  $(A+B)/2$  виписуємо розрахункові теплотехнічні характеристики будівельних матеріалів:



- 1 – Зона нормальної вологості
- 2 – Суха зона
- 3 – Волога зона

Рисунок 4.2 - Зони вологості території України



Рисунок 4.3 - Температурні зони території України

1-й шар – цегла звичайна:

$$\rho_1=1800 \text{ кг/м}^3; \quad \lambda_1=0,755 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}; \quad S_1=9,61 \text{ Вт/(м}^2\text{C)};$$
$$\mu_1=0,014 \text{ кг/(м год Па)};$$

2-й шар – мінеральна вата:

$$\rho_2=0,951 \text{ кг/м}^3; \quad \lambda_2=0,048 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}; \quad S_2=0,56 \text{ Вт/(м}^2\text{C)};$$
$$\mu_2=0,065 \text{ кг/(м год Па)};$$

3-й шар – цегла звичайна:

$$\rho_3=\rho_1=1800 \text{ кг/м}^3; \quad \lambda_3=0,755 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}; \quad S_3=9,61 \text{ Вт/(м}^2\text{C)};$$
$$\mu_3=0,014 \text{ кг/(м год Па)};$$

4-й шар – штукатурка - вапняно-піщаний розчин:

$$\rho_4=1600 \text{ кг/м}^3; \quad \lambda_4=0,755 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}; \quad S_4=9,19 \text{ Вт/(м}^2\text{C)};$$
$$\mu_4=0,015 \text{ кг/(м год Па)};$$

Визначаємо товщину шару утеплювача для існуючого будівництва.

Припустимо, що захисні шари мають середню інерційність, тобто  $1,51 < D \leq 4$ . Тоді розрахункова температура зовнішнього повітря буде дорівнювати середній температурі трьох найбільш холодних діб:

$$t_1 = - 26^\circ\text{C}.$$

Нормативний температурний перепад за додатком Б  $\Delta t_H = 6^\circ\text{C}$ .

Потрібний опір теплопередачі захисного шару визначається за формулою (1.4) при  $n = 1$  і  $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$

$$R_0^{\text{потр}} = \frac{1 \cdot (19 + 26)}{6 \cdot 8,7} = 0,862 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт}.$$

Термічний опір 1-го шару стіни:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,12/0,755 = 0,159 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт}.$$

Термічний опір 3-го шару стіни:

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = 0,12/0,755 = 0,159 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт}.$$

Термічний опір 4-го шару стіни:

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = 0,02/0,755 = 0,026 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт}.$$

Необхідний термічний опір шару утеплювача визначається за формулою (1.14):

$$R_{yt} = R_0 - (R_v + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5),$$

$$R_{yt} = 0,862 - (1/8,7 + 0,159 + 0,159 + 0,026 + 1/23) = 0,363 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт.}$$

Необхідна товщина шару утеплювача

$$\delta_{yt} = R_{yt} \cdot \lambda_{yt} = 0,363 \cdot 0,16 = 0,06 \text{ м.}$$

Теплова інерція захисних шарів

$$D = R_1 \cdot S_1 + R_2 \cdot S_2 + R_3 \cdot S_3 = 2 \cdot 9,61 \cdot 0,12 + 0,56 \cdot 0,160 + 9,19 \cdot 0,02 = \\ = 2,31 + 0,09 + 0,18 = 2,58.$$

Округлюючи товщину шару утеплювача до десятої частки метра, приймаємо  $\delta_{yt} = 0,16 \text{ м.}$

Визначаємо товщину шару утеплювача для нового будівництва.

За рис. 4.3 визначаємо, що м. Вінниця відноситься до I температурної зони.

За додатком II визначаємо опір теплопередачі

$$R^H = 2,2 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт.}$$

Опір теплопередачі утеплювача

$$R_{yt} = R_0 - (R_v + 2R_1 + R_3 + R_5)$$

$$R_{yt} = 2,2 - (0,115 + 2 \cdot 0,159 + 0,026 + 0,04) = 1,701 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт.}$$

Товщина шару утеплювача

$$\delta = 1,701 \cdot 0,048 = 0,08 \text{ м. Приймаємо } \delta = 0,10 \text{ м.}$$

Опір теплопередачі утеплювача

$$R_{\Sigma yt} = 0,115 + 0,318 + 2,08 + 0,026 + 0,04 = 2,579 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт.}$$

#### **4.3 Визначення теплозахисних властивостей зовнішніх конструкцій з двовимірним температурним полем**

Визначити опір теплопередачі покрівлі, яка складається з багатопустотної залізобетонної панелі (рис. 4.4) середньої масивності, та визначити оптимальну товщину утеплювача з пінобетону для житлового будинку, який проектується для м. Вінниці. Вологісна зона нормальна.

Нормативний опір теплопередачі зовнішньої конструкції перекриття для м. Вінниці  $R_0^H = 2,7 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$  (Додатки II і рис. 4.3).

Термічний опір теплопередачі багатошарової залізобетонної панелі будемо визначати без врахування водоізоляційного шару; шару, який вирівнює теплоізоляційний шар покрівлі та шару пароізоляції.



Для полегшення розрахунків круглі отвори-пустоти панелі діаметром  $d = 100$  мм заміняємо рівновеликими за площею квадратними отворами (рис. 4.5) зі стороною:

$$a = \sqrt{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 0,12^2}{4}} = 0,088 \text{ м} \approx 90 \text{ мм.}$$

Термічний опір панелі в напрямку, який паралельний до теплового потоку, визначаємо для двох характерних перерізів (рис. 4.5): 1-1 та 2-2.

Переріз 1-1: - два шари залізобетону  $\delta_3 = 0,03$  м;

$$\lambda_3 = 1,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C});$$

- повітряний прошарок  $\delta_{\text{пш}} = 0,09$  м.



Рис. 4.4 - Конструкція покрівлі з багатопустотної панелі та теплоізоляції з пінобетону



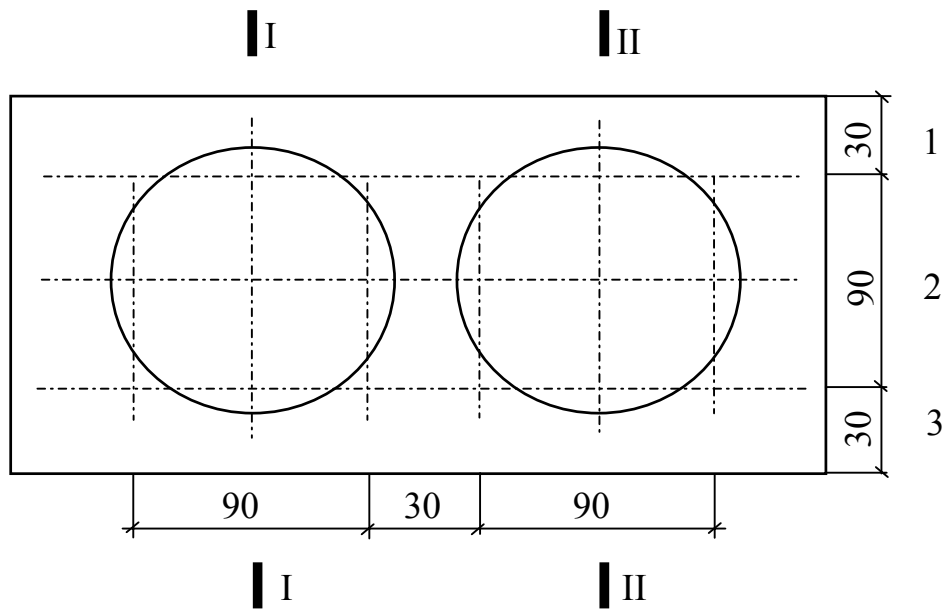


Рис. 4.5 - Розрахункова схема

Термічний опір перерізу 1-1:

$$R_1 = 2 R_3 + R_{\text{min}} = 2 \delta_3 / \lambda_3 + R_{\text{min}} =$$

$$= 2 \cdot 0,03 / 1,4 + 0,18 = 0,22 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

де  $R_{\text{min}} = 0,18 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  - термічний опір повітряного прошарку при потоці тепла знизу догори (Додаток 7).

Переріз 2-2: однорідна конструкція залізобетону

$$\delta_3 = 0,15 \text{ м.}$$

Термічний опір перерізу 2-2:

$$R_2 = \delta_3 / \lambda_3 = 0,15 / 1,4 = 0,107 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Середній термічний опір:

$$R_{||} = \frac{F_1 + F_2}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2}} = \frac{0,09 + 0,03}{\frac{0,09}{0,21} + \frac{0,03}{0,17}} = 0,198 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

де  $F_1$  та  $F_2$  - площі шарів повітряного прошарку  $\delta_{\text{min}} = 0,09 \text{ м}$  та залізобетону  $\delta_3 = 0,03 \text{ м}$  на ділянці довжиною 1 м.

Термічні опори панелі в напрямку, який перпендикулярний до теплового потоку, визначаємо для трьох характерних перерізів:

а) для 1-го та 3-го перерізів (шари залізобетону  $\delta = 0,03 \text{ м}$ ).

$$R'_{1,3} = 0,03 / 1,4 = 0,021 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт.}$$

б) для 2-го перерізу попередньо знаходимо середній коефіцієнт теплопровідності. Конструкція цього шару складається з повітряного прошарку  $\delta_1 = 0,09$  м і залізобетону  $\delta_2 = 0,03$  м.

Для повітряного прошарку потрібно знайти еквівалентний коефіцієнт теплопровідності:

$$\lambda_e = \lambda_{\text{пн}} = \delta_{\text{пн}} / R_{\text{пн}} = 0,09/0,18 = 0,5 \text{ Вт/( м}^2 \text{ }^\circ\text{C)}.$$

Тоді середній коефіцієнт теплопровідності панелі:

$$\lambda_{\text{сер}} = \frac{\lambda_{\text{пн}} \cdot \delta_{\text{пн}} + \lambda_3 \cdot \delta_3}{\delta_{\text{пн}} + \delta_3} = \frac{0,5 \cdot 0,09 + 1,4 \cdot 0,03}{0,09 + 0,03} = 0,725 \text{ Вт/( м}^2 \text{ }^\circ\text{C)}.$$

Середній термічний опір 2-го перерізу:

$$R'_2 = 0,09 / 0,725 = 0,124 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт.}$$

Сумарний термічний опір трьох шарів панелі:

$$R_{\perp} = R'_1 + R'_2 + R'_3 = 2 \cdot 0,021 + 0,124 = 0,166 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт.}$$

Ступінь розбіжності між  $R_{\parallel}$  та  $R_{\perp}$ :

$$\varepsilon = (R_{\parallel} - R_{\perp}) / R_{\perp} \cdot 100\% = (0,198 - 0,166) / 0,166 \cdot 100\% = 19,2\% < 25\%,$$

що відповідає нормам.

Загальний термічний опір багатопустотної залізобетонної панелі:

$$R_{3\text{п}} = (R_{\parallel} + 2 R_{\perp}) / 3 = 0,198 + 2 \cdot 0,166 / 3 = 0,177 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$$

Загальний опір теплопередачі конструкції без теплоізоляції:

$$R_0 = R_B + R_{3\text{п}} + R_3 = 0,115 + 0,177 + 0,043 = 0,335 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт.}$$

Для визначення термічного опору теплоізоляції з пінобетону для конструкції покрівлі ( $\lambda_{\text{пб}} = (0,105 + 0,128) / 2 = 0,117 \text{ Вт/(м}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$ ,  $\rho = 300 \text{ кг/м}^3$ ) потрібно скласти рівняння:

$$R_0^H = R_0 + R_{\text{пб}};$$

$$\text{Звідки: } R_{\text{пб}} = R_0^H - R_0 = 2,7 - 0,335 = 2,365 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт.}$$

Товщина шару пінобетону:

$$\delta_{\text{пб}} = R_{\text{пб}} \cdot \lambda_{\text{пб}} = 2,365 \cdot 0,117 = 0,278 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину утеплювача покрівлі  $\delta_{\text{пб}} = 280 \text{ мм.}$

#### 4.4 Перевірка конструкції на конденсацію водяних парів у товщі захисного шару (виконується графо-аналітичним методом)

За додатком Е знаходимо середні температури зовнішнього повітря по місяцях. За додатком С – парціальний тиск водяної пари.

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня $t$ , °C	-6	-5,3	-0,5	6,9	13,6	16,7	18,7	17,8	12,9	7,5	1,3	-3,4
Парціальний тиск $E$ , Па	368	391	586	995	1557	1901	2156	2037	1487	1037	671	460

Для міста Вінниці найхолоднішим місяцем є січень,  $t_3(I) = -6^\circ\text{C}$ .

Визначаємо температури на поверхнях захисної конструкції та на границях шарів за формулою (1.2):

на внутрішній поверхні

$$t_{\text{вн}} = 19 - \frac{19 + 6}{2,579} \cdot 0,115 = 17,89^\circ\text{C},$$

на границі I і II шарів

$$t_1 = 19 - \frac{19 + 6}{2,579} \cdot (0,115 + 0,159) = 16,34^\circ\text{C},$$

на границі II і III шарів

$$t_2 = 19 - \frac{19 + 6}{2,579} \cdot (0,115 + 0,159 + 2,08) = -3,82^\circ\text{C},$$

на границі III і IV шарів

$$t_3 = 19 - \frac{19 + 6}{2,579} \cdot (0,115 + 0,158 + 2,08 + 0,158) = -5,34^\circ\text{C},$$

на зовнішній поверхні

$$t_{3\text{п}} = 19 - \frac{19 + 6}{2,579} \cdot (0,115 + 0,158 + 2,08 + 0,158 + 0,04) = -5,37^\circ\text{C}.$$

За додатком Л визначаємо насичувальні парціальні тиски  $E$ :

$$E_{\text{вн}} = 2050 \text{ Па}, \quad E_1 = 1859 \text{ Па}, \quad E_2 = 444 \text{ Па}, \quad E_3 = 397 \text{ Па}, \quad E_{3\text{п}} = 380 \text{ Па}.$$

Парціальний тиск водяної пари в повітрі приміщення складає:

$$e_v = (\varphi_v \cdot E_v) / 100 = (67 \cdot 2197) / 100 = 1472 \text{ Па}.$$

Опір паропроникненню захисного шару розраховується за формулою (3.1):

$$R_{\text{п}X_0} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + \frac{\delta_4}{\mu_4} =$$

$$= \frac{0,120}{0,014} + \frac{0,10}{0,56} + \frac{0,120}{0,014} + \frac{0,02}{0,015} = 8,57 + 0,178 + 8,57 + 1,33 = 18,64 \frac{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{г}}$$

Парціальні тиски водяної пари на внутрішній та зовнішній поверхнях захисної конструкції приймаємо рівними парціальному тиску водяної пари відповідно у внутрішньому та зовнішньому повітрі, а в перерізах захисної конструкції визначаємо за формулою (3.3):

$$e_1 = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_n} R_{nx} = 1472 - \frac{1472 - 380}{18,64} \cdot 8,57 = 975 \text{ Па};$$

$$e_2 = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_n} R_{nx} = 1472 - \frac{1472 - 380}{18,64} \cdot (8,57 + 0,178) = 960 \text{ Па};$$

$$e_3 = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_n} R_{nx} = 1472 - \frac{1472 - 380}{18,64} \cdot (8,57 + 0,178 + 8,57) = 457 \text{ Па};$$

$$e_4 = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_n} R_{nx} = 1472 - \frac{1472 - 380}{18,64} \cdot (8,57 + 0,178 + 8,56 + 1,33) = 379 \text{ Па};$$

Результати розрахунків показані на рис. 4.6, де по осі абсцис відкладені опори паропроникненню шарів, а по осі ординат – температури та парціальні тиски.

З рис. 4.6 видно, що в товщі захисної конструкції неможлива конденсація водяної пари. Якщо можлива конденсація водяної пари (заштрихована частина креслення), то її відмічають.

Опори паропроникненню стіни від внутрішньої поверхні до площини можливої конденсації, якщо вона розташована між 2 і 3 шаром:

$$R_{пX0} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{0,120}{0,014} + \frac{0,10}{0,56} = 8,57 + 0,187 = 8,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Для визначення необхідних опорів паропроникненню потрібно розрахувати ряд величин.

Для міста Вінниці згідно з нормами [4]:

- зимовий період – не спостерігається;
- весняно-осінній період спостерігається упродовж п'яти місяців (I, II, III, XI, XII;  $Z_{в-о} = 5$ );
- літній період спостерігається протягом семи місяців (IV, V, VI, VII, VIII, IX, X;  $Z_n = 7$ ).

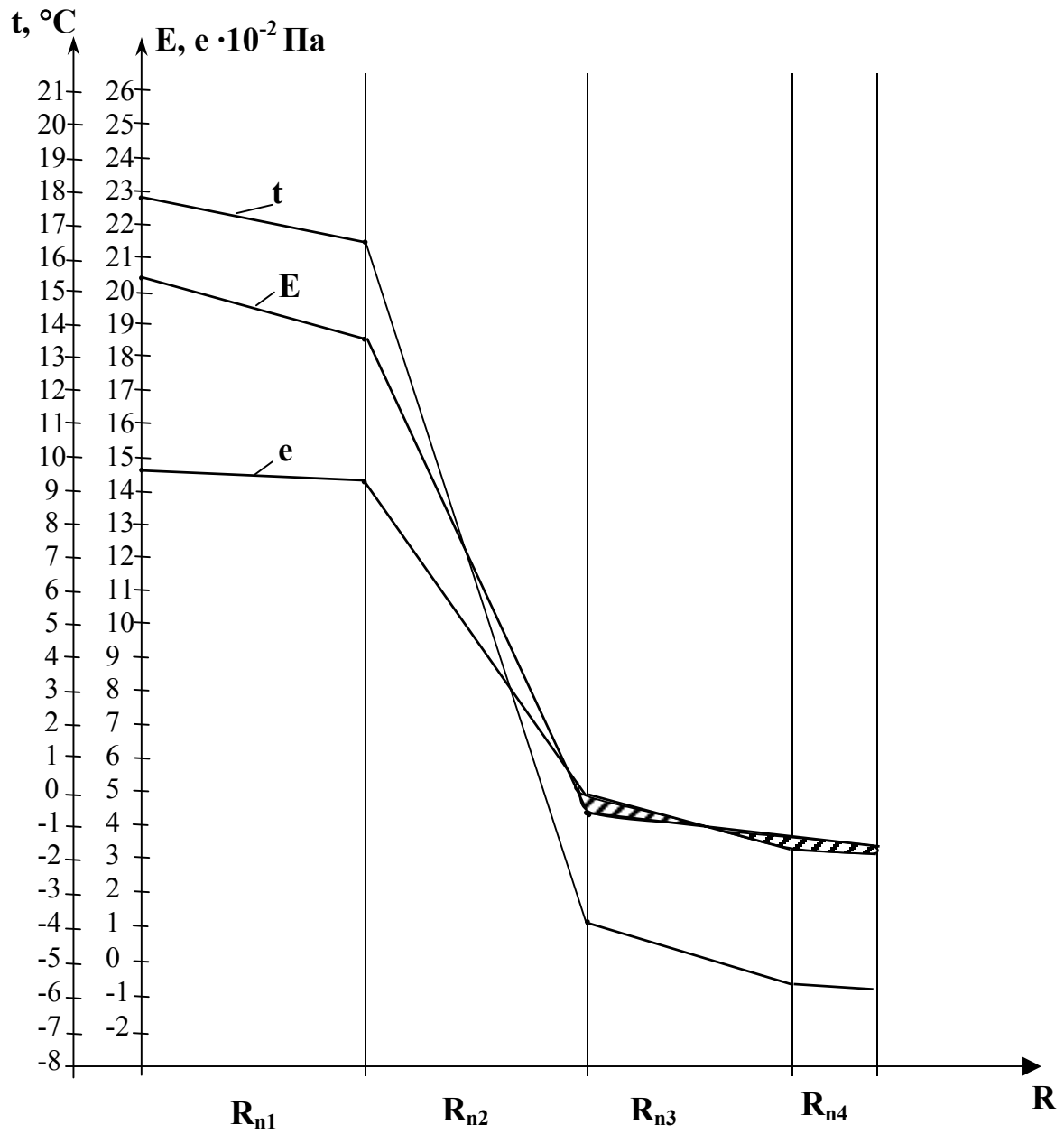


Рисунок 4.6 – Конденсація водяної пари в площині захисної конструкції

Середні температури у періодах:

$$t_{\text{в-о}} = (-6-5,3-0,5+1,3-3,4) / 5 = -2,78^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{н}} = (6,9+13,6+16,7+18,7+17,8+12,9+7,5) / 7 = 13,39^{\circ}\text{C}.$$

Температура в площині можливої конденсації та відповідний насичувальний парціальний тиск водяної пари складає:

$$\begin{aligned} t_{\text{х}}^{\text{в-о}} &= t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}^{\text{в-о}}}{R_0} * (R_1 + R_2 + R_{\text{в}}) = \\ &= 19 - \frac{19 - 2,78}{2,579} \cdot (0,158 + 2,08 + 0,115) = 5,65^{\circ}\text{C}; \end{aligned}$$

$$E_{\text{в-о}} = 912 \text{ Па}$$

$$\begin{aligned} t_{\text{х}}^{\text{н}} &= t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}^{\text{н}}}{R_0} * (R_1 + R_2 + R_{\text{в}}) = \\ &= 19 - \frac{19 - 13,39}{2,579} \cdot (0,158 + 2,08 + 0,115) = 14,32^{\circ}\text{C}; \end{aligned}$$

$$E_{\text{н}} = 1630 \text{ Па}.$$

Насичувальний парціальний тиск водяної пари  $E$  розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} E_{\text{х}} &= \frac{1}{12} (E_{\text{в-о}} \cdot Z_{\text{в-о}} + E_{\text{н}} \cdot Z_{\text{н}}) = \\ &= \frac{1}{12} (912 \cdot 5 + 1630 \cdot 7) = \frac{1}{12} (4560 + 11410) = 5511 \text{ Па}. \end{aligned}$$

Опір паропроникненню частини захисної конструкції, розміщеної між зовнішньою поверхнею та площею можливої конденсації:

$$R_{\text{ПЗ}} = 0,120 / 0,755 = 0,159 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Середній парціальний тиск водяної пари в зовнішньому повітрі за річний період:

$$\begin{aligned} e_{\text{в}} &= \frac{1}{12} \cdot \sum e_i = \\ &= \frac{1}{12} (368 + 391 + 586 + 995 + 1557 + 1901 + 2156 + 2037 + \\ &\quad + 1487 + 1037 + 671 + 460) = 1137 \text{ Па}. \end{aligned}$$

Тривалість періоду вологонакопичення за [4]:

$$Z_0 = Z(\text{I}) + Z(\text{II}) + Z(\text{XII}) = 31 + 28 + 31 = 90 \text{ діб.}$$

Середня температура періодів місяців з від'ємними середньомісячними температурами:

$$t_{\text{сеп}}^{\text{від}} = \frac{t(\text{I}) + t(\text{II}) + t(\text{III}) + t(\text{XII})}{4} = \frac{-6 - 5,3 - 0,5 - 3,4}{4} = -3,8^\circ\text{C.}$$

Температура в площині можливої конденсації:

$$t_2 = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{сеп}}^{\text{від}}}{R_0} * (R_{\text{в}} + R_1 + R_2) =$$

$$= 19 - \frac{19 + 3,8}{2,579} \left( 0,115 + \frac{0,120}{0,014} + \frac{0,16}{0,56} \right) = -59^\circ\text{C.}$$

Насичувальний парціальний тиск водяної пари при  $-59^\circ\text{C}$ . Така температура на території Вінницької області не спостерігається. Ведемо розрахунок для значень температури, наприклад  $-0,57^\circ\text{C}$ .

Середній парціальний тиск водяної пари в зовнішньому повітрі періоду місяців з від'ємною температурою:

$$e_{\text{в}}^{\text{с}} = \frac{e(\text{I}) + e(\text{II}) + e(\text{III}) + e(\text{XII})}{4} = \frac{368 + 391 + 586 + 460}{4} = 451 \text{ Па.}$$

Визначаємо значення  $\eta$  (для температури  $-0,57^\circ\text{C}$ ):

$$\eta = \frac{2,4 \cdot (E_{\text{в}}^0 - e_{\text{в}}^0) \cdot Z_0}{R_{\text{пз}}} = \frac{2,4 \cdot (582,5 - 451) \cdot 90}{2,579} = 11013,57.$$

При температурі  $t_2 = -0,57^\circ\text{C}$   $E_{\text{в}}^0 = 582,5$  Па.

Знаходимо потрібні опори паропроникненню за формулами (1.4) і (1.5):

$$R_{n_1}^{\text{потр}} = \frac{e_{\text{в}} - E_{\text{х}}}{E_{\text{х}} - e_{\text{н}}} \cdot R_2 = \frac{1472 - 5511}{5511 - 368} \cdot 2,515 = -1,97 \text{ м}^2 \text{ год Па/м;}$$

$$R_{n_2}^{\text{потр}} = \frac{2,4 \cdot Z_0 \cdot (e_{\text{в}} - E_0)}{10^3 \cdot \gamma_2 \cdot \delta_2 \cdot \Delta\omega + \eta} =$$

$$= \frac{2,4 \cdot 90 \cdot (1472 - 582,5)}{103 \cdot 600 \cdot 0,42 \cdot 6 + 11013,57} = \frac{192132}{1523013} = 0,126 \text{ м}^2 \text{ год Па/м;}$$

Таким чином, потрібні опори паропроникненню менші, ніж  $R_{\text{нх}_0}$ .

Отже прогресуючого накопичення вологи в товщі захисного шару не буде, бо за теплий період року вона встигає випаровуватися, а приріст вологи в утеплювачі за холодний період року менше допустимого.

Якщо  $R_n^{потр} > R_n x_0$ , потрібно передбачити додаткову пароізоляцію внутрішньої поверхні захисного шару й виконати відповідні перерахунки  $R_{n1}^{потр}$  та  $R_{n2}^{потр}$ . Опір додаткового пароізоляційного шару визначається за залежністю (1.9), а характеристики листових матеріалів і шарів пароізоляції наведені в додатку М.

#### 4.5 Розрахунок теплостійкості захисного шару для літнього теплового режиму

За додатком П визначаємо, що місто Вінниця знаходиться на географічній широті  $49^\circ$ .

За додатком Р для стін, які орієнтовані на захід, максимальне і середнє значення сумарної сонячної радіації

$$I_{max} = 512 \text{ Вт/м}^2,$$

$$I_{сер} = 150 \text{ Вт/м}^2.$$

Коефіцієнт поглинання цегли, покритою штукатуркою білою або па- левою (за додатком Н)

$$\rho = 0,45.$$

За додатком В визначаємо для липня  $A_{tYIII} = 18,7^\circ\text{C}$ .

За додатком П визначаємо, що мінімальна з середніх швидкостей ві- тру  $V$  по румбах за липень дорівнює  $5 \text{ м/с}$ .

$$V_{YIII} = 5 \text{ м/с}.$$

Тоді коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_3$  зовнішньої поверхні для літнього режиму визначаємо за формулою:

$$\alpha_3 = 1,16 \cdot (5+10\sqrt{V_{YIII}}) = 1,16+(5+10\sqrt{5}) = 28,52 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

Знаходимо розрахункову амплітуду коливань температури зовніш- нього повітря  $A_t^{розр}$ :

$$\begin{aligned} A_t^{розр} &= 0,5 A_{tYIII} + \left[ \frac{\rho \cdot (I_{max} - I_{сер})}{\alpha_3} \right] = \\ &= 0,5 \cdot 18,7 + \left[ \frac{0,45 (512 - 150)}{28,52} \right] = 24,93^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Теплова інерція першого шару

$$D_1 = R_4 \cdot S_4 = 0,02/0,755 \cdot 9,19 = 0,243 < 1.$$



Коефіцієнт теплосасвоєння зовнішньої поверхні першого шару

$$\gamma_1 = S_4 = 9,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

Теплова інерція другого шару

$$D_2 = R_3 \cdot S_3 = 0,120/0,755 \cdot 9,61 = 1,53 > 1.$$

Коефіцієнт теплосасвоєння зовнішньої поверхні другого шару

$$\gamma_2 = S_3 = 9,61 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

Теплова інерція третього шару

$$D_3 = R_2 \cdot S_2 = 0,100/0,048 \cdot 0,56 = 1,17 > 1.$$

Коефіцієнт теплосасвоєння зовнішньої поверхні третього шару

$$\gamma_3 = S_2 = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

Теплова інерція четвертого шару

$$D_4 = R_1 \cdot S_1 = 0,120/0,755 \cdot 9,61 = 1,53 > 1.$$

Коефіцієнт теплосасвоєння зовнішньої поверхні четвертого шару

$$\gamma_4 = S_1 = 9,61 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

Теплова інерція стіни

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0,243 + 1,53 + 1,17 + 1,53 = 4,473.$$

Величина загасання амплітуди коливань температури зовнішнього повітря:

$$\begin{aligned} v &= 0,9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(S_1 + \alpha_B) \cdot (S_2 + \gamma_1) \cdot (S_3 + \gamma_2) \cdot (S_4 + \gamma_3) \cdot (\alpha_3 + \gamma_3)}{(S_1 + \gamma_1) \cdot (S_2 + \gamma_2) \cdot (S_3 + \gamma_3) \cdot (S_4 + \gamma_4) \cdot \alpha_3} = \\ &= 0,9 \cdot 2,718^{3,17} \frac{(9,19 + 8,7) \cdot (9,61 + 9,19) \cdot (0,56 + 9,19) \cdot (9,61 + 9,61) \cdot (17,4 + 9,61)}{(9,19 + 9,19) \cdot (9,61 + 9,61) \cdot (0,56 + 0,56) \cdot (9,61 + 9,61) \cdot 17,4} = \\ &= 1020. \end{aligned}$$

Знаходимо амплітуду коливань температури внутрішньої поверхні захисного шару:

$$A_{\text{твн}} = A_{\text{т}}^{\text{позп}} / 1020 = 24,93 / 1020 = 0,0245^\circ\text{C}.$$

Середня температура зовнішнього повітря за липень складає  $25^\circ\text{C}$ .

Відповідно

$$A_{\text{твн}}^{\text{потр}} = 2,5 - 0,1(t_3 - 21) = 2,5 - 0,1(25 - 21) = 1,9^\circ\text{C}.$$

Таким чином, захисний шар є теплостійким для літнього теплового режиму, тому що  $A_{\text{вн}} \ll A_{\text{твн}}^{\text{потр}}$ .

#### 4.6 Розрахунок повітропроникності захисного шару

Визначаємо відповідність нормам повітропроникності стіни будинку. Будинок п'ятиповерховий. Район будівництва – м. Вінниця. Висота – 15 м. Огородження має світлові отвори, заповнені подвійним склінням у розподільних рамах з ущільненням з поліуретану. З додатку Е знаходимо  $t_5^{0,92} = -21^\circ\text{C}$ . А з додатку П  $V = 4,7 \text{ м/с}$ .

Визначаємо опір паропроникненню з додатку Т:

1) штукатурка цементно-піщана по цегляній кладці

$$\delta = 20 \text{ мм}; R_n = 373 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/г};$$

2) кладка із суцільної цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в півцеглини:

$$\delta = 120 \text{ мм}; R_n = 18 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/г};$$

3) мінеральна вата:

$$\delta = 100 \text{ мм}; R_n = 2 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/г};$$

4) кладка із суцільної цегли на цементно-піщаному розчині:

$$\delta = 120 \text{ мм}; R_n = 18 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/г}.$$

Визначаємо розрахункову різницю тисків повітря на зовнішній та внутрішній поверхнях стіни:

$$\gamma_{\text{в}} = 3512 / (273 + 19) = 12,027;$$

$$\gamma_{\text{з}} = 3512 / (273 - 19) = 13,827.$$

$$\Delta P = 0,55 \cdot 1,5 (\gamma_{\text{з}} - \gamma_{\text{в}}) + 0,03 \cdot \gamma_{\text{з}} \cdot V^2 = 0,55 \cdot 1,5 \cdot (13,827 - 12,027) + 0,03 \cdot 13,827 \cdot 4,7^2 = 1,485 + 9,16 = 10,648 \text{ Па}.$$

Визначаємо необхідний опір повітропроникненню стіни: з додатку Л визначаємо нормовану повітропроникність стіни  $G' = 0,2 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

Необхідний опір повітропроникності стіни

$$R_t^n = \Delta P / (G \cdot 0,5) = 10,65 / (0,2 \cdot 0,5) = 107 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/г}.$$

Розрахунковий опір повітропроникності стіни

$$R_1 = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 373 + 18 + 2 + 18 = 411 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/г}.$$

Оскільки  $R_1 > R_t^n$ , то стіна задовольняє вимоги повітропроникності і може використовуватись в розрахункових умовах.

Кількість повітря, що проходить через захисний шар

$$G = \Delta P / R_1 = 10,65/411 = 0,026 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год.}$$

Визначаємо кількість повітря, що надходить у приміщення через вікна. За додатком У для подвійного скління у роздільних рамах з ущільненням з поліуретану

$$R_i = 0,29 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/г};$$

(при  $\Delta P = 10 \text{ Па}$ ):

$$G = 1/0,29 (30,75/10)^{2/3} = 7,3 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год.}$$

Розглянута конструкція відповідає вимогам повітропроникності.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Практикум з будівельної теплофізики. Навчальний посібник /Г.С.Ратушняк, Г.С.Попова. –В: ВДГУ, 1998. – 86 с.
2. Богословський В.К. Строительная теплофизика: Учебн. пособие для вузов. –М.: Высш. школа, 1982. – 415 с.
3. СНиП 3-79<sup>XX</sup> Строительная теплотехника. –М.: Стройиздат, 1982.
4. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. –М.: Стройиздат, 1983.
5. Расчет и проектирование ограждающих конструкций зданий. –М.: Стройиздат, 1990. – 239 с.
6. Строительная физика /Е.Шильз. пер.с нем. В.Г.Бердичевского. –М.: Стройиздат, 1982. – 296 с.
7. Ильинский В.К. Строительная теплофизика. –М.: Стройиздат, 1974.
8. Тихомиров К.В., Сергиенко Э.С. Теплотехника, теплоснабжение и вентиляция. Учебник для вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. –М.: Стройиздат 1991. – 480 с.
9. Гурьянов Н.С. Способ оценки фактической величины приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 000 “РИА Композит”, 2003, №12, с. 20-21.
10. Гусев Н.М., Климов П.П. Строительная физика. – М.: Стройиздат, 1965. – 223 с.
11. Будівельна теплофізика: Методичні вказівки до роботи. /Руденко А.А., Мельник В.О., Кільчик Ю.М., Барановська С.В., Швачко Н.А. – К.:КНУБА, 2002.-52 с.

Додаток А  
**ЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ДЕЯКИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Матеріали	Щільність $\rho$ , кг/м <sup>2</sup>	Тепло- провідність, $\lambda$ , Вт/(м·°К)		Коефіцієнт тепло- засвоєння S, Вт/(м·°К)		Кое- фіцієнт $\mu$ , г/(м·год Па)	
		за умов експлуатації					
		А	В	А	В		
1	Залізобетон	2500	1,92	2,08	17,85	18,9	-
2	Шлакобетон на паливних шлаках	1800	0,74	0,86	8,7	9,2	0,004
3		1400	0,581	0,64	7,9	8,7	0,012
4		1000	0,35	0,407	5,02	5,81	0,012
5	Шлакобетон на гра- нулъованих шлаках	1800	0,697	0,713	9,85	11,0	0,011
6		1200	0,465	0,523	6,49	7,3	0,014
7	Керамзитобетон	1600	0,64	0,755	8,97	10,45	0,014
8		1400	0,523	0,581	7,55	8,6	0,013
9		1200	0,407	0,465	6,2	7,11	0,014
10		800	0,232	0,291	3,78	4,6	0,025
11	Газо- і пінобетон	1000	0,35	0,407	5,63	6,58	0,015
12	газо- піносилікат	600	0,174	0,209	2,98	3,49	0,023
13		300	0,105	0,128	1,63	1,93	0,035
14	Вата мінеральна	100	0,047	0,049	0,53	0,58	0,065
15		150	0,961	0,055	0,68	0,76	0,065
16	Плити	300	0,049	0,052	0,55	0,61	0,065
<b>Хвойні породи дерев:</b>							
17	- поперек волокон	500	0,14	0,175	3,98	4,6	0,082
18	- вздовж волокон	500	0,291	0,349	5,75	6,51	0,042
<b>Цегла:</b>							
19	- звичайна	1800	0,697	0,814	9,08	10,15	0,014
20	- порожниста	1600	0,518	0,640	7,89	8,42	0,015
21		1400	0,524	0,581	7,76	7,53	0,019
22	- легковагова	1200	0,465	0,524	6,11	6,6	0,021
23		1000	0,407	0,465	5,2	5,65	0,025
24	- силікатна	1800	0,755	0,871	9,73	10,5	0,011
<b>Розчин:</b>							
25	цементно-піщаний	1800	0,755	0,93	9,55	11,05	0,013
26	вапняно-піщаний	1600	0,697	0,814	8,63	9,75	0,0151

Додаток Б

**МАКСИМАЛЬНО ПРИПУСТИМИЙ ТЕМПЕРАТУРНИЙ ПЕРЕПАД МІЖ ТЕМПЕРАТУРОЮ ВНУТРІШНЬОГО ПОВІТРЯ ТА ТЕМПЕРАТУРОЮ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ЗАХИСНОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

Будинки та приміщення	Нормований температурний перепад $\Delta t^H$ , °C для		
	зовнішніх стін	покриттів та горизонтних перекриттів	перекриттів над проїздами та підвалами
1	2	3	4
Будинки житлові, лікарських закладів (лікарень, клінік, стаціонарів, госпіталів), пологові будинки, будинки дитини, притулки-інтернати для старих та інвалідів; спальні корпуси загальноосвітніх дитячих шкіл; будинки дитячих садків, ясел, ясел-садків, дитячих будинків та дитячих приймалень-розподільовачів	6	4	2
Будинки диспансерів та амбулаторно-поліклінічних закладів; навчальні корпуси загальноосвітніх дитячих шкіл	6	4,5	2,5
Громадські будинки, окрім наведених у п.п.1 і 2, та допоміжні будинки і приміщення промислових підприємств, за винятком приміщень з вологим та мокрим режимом	7	5,5	2,5
Виробничі будинки з сухим режимом	$t_B - t_p$ , але не більше 10	0,8 ( $t_B - t_p$ ), але не більше 8	2,5
Виробничі будинки з нормальним режимом	$t_B - t_p$ , але не більше 8	0,8 ( $t_B - t_p$ ), але не більше 7	2,5
Виробничі будинки а також приміщення громадських будинків та допоміжних будинків промислових підприємств з вологим та мокрим режимом	$t_B - t_p$	0,8( $t_B - t_p$ )	2,5
Будинки картопле- та овочефруктоховищ	$t_B - t_p$	$t_B - t_p$	2,5

Продовження додатку Б

1	2	3	4
Виробничі будинки зі значними надлишками явного тепла (більше 23 Вт/м <sup>3</sup> ) і розрахунковою відносною вологістю внутрішнього повітря не більше 50%	12	12	2,5

П р и м і т к и до додатку Б: 1. Значення нормованого температурного перепаду  $\Delta t^H$  для перекриттів над проїздами та підвалами для будинків та приміщень, наведених у п.п. 4-8, стосуються тільки ділянок з постійними робочими місцями, якщо не виконуються умови, встановлені прим. 1 у табл. “Значення нормованих показників теплосвоєння поверхні підлог”.

2. Літерні позначення:

$t_v$  – розрахункова температура внутрішнього повітря у приміщенні, °С;

$t_p$  – температура точки роси, °С, при розрахунковій температурі і відносній вологості внутрішнього повітря у приміщенні.

Додаток В  
**КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОСПРИЙНЯТТЯ  
 ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ  
 ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Внутрішня поверхня захисних конструкцій	Коефіцієнт теплосприйняття $\alpha_v$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
Стін, підлог, гладких стель та ребристих стель при відношенні висоти $h$ ребер до відстані $a$ між гранями сусідніх ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
Ребристих стель при відношенні $h/a > 0,3$	7,6
Зенітних ліхтарів	9,9

Додаток Г  
**ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА  $n$ , ЩО ВРАХОВУЄ ПОЛОЖЕННЯ  
 ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ПЕРЕКРИТТІВ ВІДНОСНО  
 ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ**

Захисні конструкції	Коефіцієнт $n$
Перекриття горищні (якщо покрівля зроблена зі штучних матеріалів) та над проїздами	1
Перекриття над холодними підвалами, що сполучаються із зовнішнім повітрям; перекриття горищні (якщо покрівля зроблена із рулонних матеріалів)	0,9
Перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами у стінах	0,75
Перекриття над неопалюваними підвалами без світлових прорізів у стінах, розташованих вище рівня землі	0,6
Перекриття над неопалюваними підвалами, розташованими нижче рівня землі	0,4

Додаток Д  
**ВИБІР РОЗРАХУНКОВОЇ ЗИМОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ  
 ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ**

Теплова інерція $D$ захисної конструкції	Розрахункова зимова температура зовнішнього повітря $t_3$ , °C
До 1,5 (безінерційна)	$t_1^{0,98}$ – середня температура найбільш холодної доби, із забезпеченням 0,98
Понад 1,5 до 4 (малої інерційності)	$t_1^{0,92}$ – середня температура найбільш холодної доби, із забезпеченням 0,92
Понад 4 до 7 (середньої інерційності)	$t_3$ – середня температура найбільш холодних трьох діб
Понад 7 (великої інерційності)	$t_5^{0,92}$ – середня температура найбільш холодних п'яти діб із забезпеченням 0,92

Примітка до додатку Д: Середня температура найбільш холодних трьох діб  $t_3$  визначається за формулою

$$t_3 = \frac{t_1^{0,92} + t_5^{0,92}}{2}$$



Додаток Е  
**РОЗРАХУНКОВІ ПАРАМЕТРИ ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО  
 ПОВІТРЯ ДЛЯ МІСТ УКРАЇНИ**

Температура повітря, °С															Тривалість періоду з середньодобовою температурою ≤0°С,	Максимальна добова амплітуда температури повітря у липні, °С
найбільш холодних			середня за місяць													
одної доби	п'яти діб															
із забезпеченням			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0,98	0,92	0,92	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$t_8$	$t_9$	$t_{10}$	$t_{11}$	$t_{12}$	$Z_0$	$A_{тз}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>1. Вінниця</b>																
-29	-26	-21	-6	-5,3	-0,5	6,9	13,6	16,7	18,7	17,8	12,9	7,5	1,3	-3,4	116	-
<b>2. Дніпропетровськ</b>																
-28	-26	-23	-5,4	-4,8	0,4	9	16,4	19,8	22,3	21,3	15,7	8,8	2	-3,1	109	19,2
<b>3. Донецьк</b>																
-29	-27	-23	-6,6	-6,2	-1	-7,9	15,4	18,6	21,6	20,4	15	7,9	0,9	-4,2	122	-
<b>4. Житомир</b>																
-29	-25	-22	-5,7	-4,9	-0,4	7	13,9	17	18,9	17,8	13,1	7,2	1,3	-3,2	116	-
<b>5. Запоріжжя</b>																
-28	-25	-22	-4,9	-4,2	1	9	16,4	20,1	22,8	21,6	16	9,3	2,8	-2,3	102	-
<b>5.1 Бердянськ</b>																
-26	-22	-19	-3,8	-3,5	0,7	8,2	16	20,7	23,5	22,6	17,1	10,8	3,9	-1,2	98	-
<b>6. Івано-Франківськ</b>																
-26	-24	-20	-5,1	-3,7	1,3	7,6	13,5	16,6	18,5	17,8	13,5	8,2	2,2	-2,4	102	-
<b>7. Київ</b>																
-29	-26	-22	-5,9	-5,2	-0,4	7,5	14,7	17,8	19,8	18,7	13,9	7,5	1,2	-3,5	118	18,4
<b>8. Кіровоград</b>																
-29	-26	-22	-5,6	-5,1	-0,3	7,8	15,1	17,9	20,2	19,6	14,6	7,7	1,3	-3,3	116	22
<b>9. Луганськ</b>																
-32	-29	-25	-6,6	-6	-0,4	8,6	16,1	19,7	22,3	21	15	8,1	1,4	-3,8	117	22,1
<b>10. Луцьк</b>																
-27	-24	-20	-4,9	-3,9	0,5	7,3	13,7	17	18,6	17,6	13,2	7,7	2,3	-2,1	105	-
<b>11. Львів</b>																
-24	-23	-19	-5	-4,2	0,3	6,7	12,7	15,2	17,4	16,5	13	7,7	2,4	-2,6	106	19,3

## Продовження додатку Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>12. Миколаїв</b>																
-26	-23	-20	-3,5	-2,8	2,1	9,4	16,5	20,3	23,2	22,2	17	10,5	3,9	-1,2	91	-
<b>13. Одеса</b>																
-24	-21	-18	-2,5	-2	2	8,2	15	19,4	22,2	21,4	16,9	11,4	5,3	0,2	78	14,7
<b>13.1 Любашівка</b>																
-27	-24	-20	-5	-4,2	0,6	8,1	15	18,4	21	20,2	15,2	8,9	2,3	-2,6	108	-
<b>14. Полтава</b>																
-30	-27	-23	-6,9	-6,4	-1,3	7,6	15	18,3	20,6	19,7	14,3	7,4	0,6	-4,5	124	17,8
<b>15. Рівне</b>																
-27	-25	-21	-5,4	-4,4	0	6,9	13,5	16,9	18,5	17,5	13	7,4	1,8	-2,6	112	-
<b>16. Сімферополь</b>																
-22	-20	-16	-1	-0,7	3	9,3	14,6	19	21,8	21,2	16,4	11,4	5,8	1,5	56	-
<b>16.1 Джанкой</b>																
-23	-21	-17	-1,8	-1,3	2,9	9,4	16	20,4	23,3	22,4	17	11,3	5,4	0,9	65	-
<b>16.2 Євпаторія</b>																
-23	-20	-16	-0,1	-0,1	3,8	9,4	14,4	20	23,2	22,6	17,9	12,5	6,7	2,3	38	-
<b>16.3 Феодосія</b>																
-22	-19	-15	0,6	0,5	4,2	9,6	15,8	20,4	23,8	23,2	18,5	13,1	7,3	3,2	16	-
<b>16.4 Ялта</b>																
-10	-8	-6	4	3,8	5,9	10,3	15,6	20,3	23,7	23,5	19,1	14,2	9,3	6,1	0	16,9
<b>17 Суми</b>																
-32	-28	-24	-7,9	-7,6	-2,4	6,4	14	17,6	19,3	18,4	12,9	6,4	-0,2	-5,4	131	-
<b>18 Тернопіль</b>																
-26	-24	-21	-5,4	-4,4	0,1	7	13,5	16,6	18,4	17,4	13	7,4	1,8	-2,8	112	-
<b>19 Ужгород</b>																
-24	-22	-18	-3,1	-0,7	4,8	10	15,6	18,4	20,5	19,7	16,5	9,7	4,9	0,1	70	-
<b>20 Харків</b>																
-31	-28	-23	-7,3	-6,9	-1,7	7,7	15,1	18,6	20,8	19,7	14	7,1	0,3	-4,8	126	22
<b>21 Херсон</b>																
-27	-23	-19	-3,2	-2,6	2,2	9,3	16,2	20	23	21,9	16,8	10,5	4,1	-0,8	87	-
<b>22 Хмельницький</b>																
-26	-25	-21	-5,6	-4,6	0	7	13,6	16,8	18,6	17,6	13	7	1,6	-3	113	-

Продовження додатку Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>23 Черкаси</b>																
-29	-26	-22	-5,8	-5,6	-0,4	7,6	14,9	17,8	20	19,3	14	7,2	1,4	-3,5	117	21,9
<b>24 Чернігів</b>																
-30	-27	-23	-6,7	-6,2	-1,4	6,8	14,4	17,5	19,4	18,2	13,2	6,8	0,6	-4,2	126	18,2
<b>25 Чернівці</b>																
-26	-24	-20	-5	-3,5	1,5	8,3	14,3	17,4	19,3	18,6	14,2	8,6	2,4	-2,4	102	19,9

Примітка до додатку Е: Якщо у таблиці для області наведені кліматичні параметри тільки для обласного центру (обласні центри виділені жирним шрифтом), то ці параметри треба приймати для усієї області. Якщо для області наведено декілька пунктів з різними значеннями кліматичних параметрів, то у випадку відсутності в таблиці даних для району будівництва значення кліматичних параметрів слід приймати рівними значенням кліматичних параметрів найближчого до нього пункту, наведеного у таблиці та розташованого у місцевості з аналогічними умовами.

Додаток Ж  
**КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОВІДДАЧІ ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХОНЬ  
ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ЗИМОВИХ УМОВ**

Зовнішня поверхня захисних конструкцій	Коефіцієнт тепло-віддачі $\alpha_3$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
1 Зовнішніх стін, покриттів, перекриттів над проїздами	23
2 Перекриттів над холодними підвалами, що сполучаються із зовнішнім повітрям	17
3 Перекриттів горищних та над неопалюваними підвалами із світловими прорізами у стінах, а також зовнішніх стін із повітряним прошарком, що вентилюється зовнішнім повітрям	12
4 Перекриттів над неопалюваними підвалами без світлових прорізів у стінах	6

Додаток И  
**НОРМАТИВИ ОПОРІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЗОВНІШНІХ  
 КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВО-ГРОМАДСЬКИХ БУДИНКІВ  
 І СПОРУД НОВОГО БУДІВНИЦТВА,  
 РЕКОНСТРУКЦІЇ І КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ**

Захисні конструкції	Нормативні значення опорів теплопередачі захисних конструкцій, ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )/Вт			
<b><u>А. Нове будівництво</u></b>				
1 Крупнопанельні, монолітні та об'ємно-блочні з утепленням:				
а) з полімерних матеріалів	2,5	2,4	2,2	2,0
б) з мінераловати або інших матеріалів	2,2	2,1	1,9	1,8
2 Блочні:				
а) з ніздрюватого бетону	2,0	1,9	1,7	1,5
б) з пористим заповнювачем	1,8	1,7	1,5	1,3
3 Цегляні з керамічних каменів та дрібних блоків:				
а) повнотілі з утепленням	2,2	2,1	1,9	1,7
б) багатошлівинні	1,6	1,5	1,4	1,2
<b>Покриття і перекриття</b>				
4 Покриття і перекриття горищ (окрім "теплих")	2,7	2,5	2,4	2,0
5 Перекриття над проїздами і холодними підвалами, які сполучаються з зовнішнім повітрям	3,0	2,9	2,4	2,2
6 Перекриття над підвалами, які не опалюються:				
а) зі світловими прорізами в стінах	2,5	2,4	2,2	2,0
б) без світлових прорізів в стінах	2,3	2,2	2,0	1,8
Вікна і балконні двері	0,5	0,42	0,42	0,39
<b><u>Б. Реконструкція, капітальний ремонт</u></b>				
1 Зовнішні стіни	2,2	2,1	1,9	1,7
2 Покриття і перекриття горищ	2,5	2,4	2,2	2,0
3 Перекриття на проїздами і підвалами	Як для нового будівництва			
4 Вікна і балконні двері	Як для нового будівництва			

Додаток К  
**МЕЖІ ДОПУСТИМИХ ПРИРОСТІВ РОЗРАХУНКОВОГО  
МАСОВОГО ВІДНОШЕННЯ ВОЛОГИ У МАТЕРІАЛАХ**

Матеріал	Межа допустимого приросту $\Delta W_{\text{сер}}$ , %
1 Кладка з глиняної цегли чи керамічних блоків	1,5
2 Кладка з силікатної цегли.	2,0
3 Легкі бетони на пористих заповнювачах (керамзитобетон, перлітобетон, пемзобетон, ін.)	5,0
4 Ніздрюваті бетони (газобетон, пінобетон, газосилікат і т.ін.)	6,0
5 Піногазоскло	1,5
6 Фіброліт цементний	7,5
7 Мінераловатні плити та мати	3,0
8 Пінополістирол	25,0
9 Теплоізоляційні засипки з керамзиту, шунгизиту, шлаку	3,0
10 Важкі бетони	2,0

Додаток Л  
**ЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ПРУЖНОСТІ  
ВОДЯНОЇ ПАРИ  $E$ , Па,  
ДЛЯ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИ НОРМАЛЬНОМУ  
АТМОСФЕРНОМУ ТИСКУ ( $B = 101325$  Па)**

Ціла частина $t$ , °C	Дробова частина $t$ , °C									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
34	5320	5349	5378	5409	5440	5469	5500	5530	5561	5592
33	5030	5058	5088	5116	5144	5173	5202	5232	5261	5290
32	4754	4782	4808	4836	4864	4890	4919	4946	4974	5002
31	4493	4518	4544	4570	4596	4622	4648	4673	4701	4728
30	4242	4268	4292	4317	4341	4366	4390	4416	4441	4466
28	3780	3801	3824	3846	3869	3890	3913	3936	3960	3982
27	3565	3586	3608	3628	3649	3672	3693	3714	3736	3758
26	3361	3381	3401	3421	3441	3461	3482	3502	3523	3544
25	3168	3186	3205	3224	3244	3263	3283	3301	3321	3341
24	2984	3001	3020	3033	3056	3074	3093	3112	3130	3149
23	2809	2826	2842	2860	2877	2894	2913	2930	2948	2965
22	2644	2660	2676	2692	2709	2725	2742	2758	2776	2792
21	2486	2502	2517	2533	2548	2564	2580	2596	2612	2628
20	2338	2352	2366	2381	2395	2410	2426	2441	2456	2472
19	2197	2210	2224	2238	2252	2266	2280	2294	2309	2324
18	2064	2076	2089	2102	2116	2129	2142	2156	2169	2182
17	1937	1949	1961	1974	1986	2000	2013	2025	2037	2050
16	1817	1829	1841	1853	1865	1877	1889	1901	1913	1925
15	1705	1716	1727	1739	1749	1760	1772	1783	1796	1806
14	1598	1608	1619	1629	1640	1651	1661	1672	1683	1694
13	1497	1507	1517	1527	1537	1547	1557	1567	1577	1588
12	1403	1412	1421	1431	1440	1449	1459	1468	1477	1487
11	1312	1321	1330	1339	1348	1357	1366	1375	1384	1393
10	1228	1236	1244	1252	1261	1269	1277	1286	1295	1304

Продовження додатку Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	1148	1156	1164	1172	1179	1187	1195	1203	1212	1220
8	1072	1080	1087	1093	1102	1109	1117	1125	1132	1140
7	1001	1008	1016	1023	1030	1037	1044	1051	1058	1065
6	935	941	948	955	961	968	975	981	988	995
5	872	879	885	891	987	903	909	916	922	928
4	813	819	825	831	836	842	848	854	860	866
3	757	762	768	774	780	785	791	796	802	808
2	705	710	716	721	727	732	737	742	747	752
1	657	661	666	671	676	681	685	690	695	700
0	611	615	620	624	628	633	637	642	647	652
-0	611	606	601	596	591	586	581	576	572	567
-1	562	557	553	548	544	539	535	530	525	521
-2	517	513	508	504	500	496	492	488	484	480
-3	476	472	468	464	460	456	452	448	444	440
-4	437	433	429	425	422	419	415	412	408	404
-5	401	397	394	391	388	384	381	378	375	371
-6	368	365	361	358	355	352	349	346	343	340
-7	337	334	332	329	326	323	320	317	314	311
-8	309	307	304	301	299	296	293	291	288	285
-9	283	281	279	276	273	271	269	267	264	262
-10	260	257	255	252	250	248	245	243	241	239
-11	237	235	233	231	229	227	225	223	221	219
-12	217	215	213	211	209	207	205	203	201	199
-13	198	196	195	193	191	189	187	185	184	182
-14	181	179	177	176	175	173	171	169	168	166
-15	165	164	163	161	159	157	156	154	153	152
-16	151	149	148	147	145	144	142	141	140	139
-17	137	136	135	133	132	131	130	129	127	125
-18	124	123	122	121	120	119	117	116	115	114
-19	113	112	111	110	109	108	107	105	104	103

Приклад:  $t = -16,8^{\circ}\text{C}$  . Отримуємо  $E = 140$  Па.

Додаток М  
**ОПІР ПАРПРОНИКНЕННЮ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ  
 І ТОНКИХ ШАРІВ ПАРІЗОЛЯЦІЇ**

Матеріал	Товщина шару, мм	Опір паропроникненню, м <sup>2</sup> ·ч·Па/мг
1 Листи азбестоцементні	6	0,3
2 Листи гіпсові обшивні (суха штукатурка)	10	0,12
3 Фарбування гарячим бітумом за один раз	2	0,3
4 Фарбування гарячим бітумом за два рази	4	0,48
5 Фарбування олією за два рази з попереднім шпаклюванням та ґрунтуванням	-	0,64
6 Фарбування емалевою фарбою	-	0,48
7 Покриття ізольною мастикою за один раз	2	0,6
8 Покриття бітумно-кукерсольною мастикою	1	0,64
9 Покриття бітумно-кукерсольною мастикою за два рази	2	1,1

Додаток Н  
**КОЕФІЦІЄНТИ ПОГЛИНАННЯ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ  
 МАТЕРІАЛОМ ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ  
 ЗАХИСНОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

Матеріал зовнішньої поверхні захисної конструкції	Коефіцієнт поглинання сонячної радіації ρ
1 Азбестоцементні листи	0,65
2 Бетони	0,7
3 Плитка облицювальна біла або палева	0,45
4 Штукатурка цементна світло-блакитна	0,3
5 Штукатурка цементна темно-зелена	0,6
6 Штукатурка цементна кремова	0,4



Додаток П  
**РОЗРАХУНКОВІ ПАРАМЕТРИ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ  
ТА ВІТРУ ДЛЯ МІСТ УКРАЇНИ**

Населений пункт		Географічна широта, °п.ш.	Інтенсивність сумарної сонячної радіації $I$ , Вт/м <sup>2</sup> , що надходить у липні на				Максимальна	Мінімальна
			горизонтальну		вертикальну		з середніх швидкостей вітру по румбах $v$ , м/с, повторюваність яких складає 16% та більше	
			поверхню					
			максимальна	мінімальна	максимальна	мінімальна	за січень	за липень
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<b>Вінниця</b>	49	863	328	770	186	4,7	2,8
1.1	Жмеринка	49	863	328	770	186	5,1	2,9
1.2	Могилів-Подільський	49	863	328	770	186	5,1	2,9
2	<b>Дніпропетровськ</b>	48,5	864	328	767	185	5,5	0
2.1	Кривий Ріг	48	866	328	764	184	6,2	4,5
2.2	Нікополь	47,5	870	328	764	184	4,9	3,5
3	<b>Донецьк</b>	48	866	328	764	184	6,2	0
3.1	Амвросіївка	47,5	870	328	764	184	5,7	0
3.2	Маріуполь	47	873	328	763	183	6,1	3,6
4	<b>Житомир</b>	50,5	857	329	777	188	5,4	0
4.1	Коростень	51	856	329	778	190	5,8	3,1
4.2	Новоград-Волинський	50,5	857	329	777	188	4,6	3,3
5	<b>Запоріжжя</b>	48	866	328	764	184	4,8	0
5.1	Бердянськ	48	866	328	764	14	-	-
5.2	Мелітополь	48	866	328	764	184	5,1	0
6	<b>Івано-Франківськ</b>	49	863	328	770	186	5,8	0
7	<b>КИЇВ</b>	50,5	857	329	777	188	4,3	0
8	<b>Кіровоград</b>	48,5	864	328	767	185	5,9	0
9	<b>Луганськ</b>	48,5	864	328	767	185	6,8	0
10	<b>Луцьк</b>	51	856	329	778	190	6,3	0
11	<b>Львів</b>	50	859	328	775	187	6,4	0
11.1	Дрогобич	49,5	861	328	772	186	6,2	0
12	<b>Миколаїв</b>	47	873	328	763	183	5,4	3,2
12.1	Первомайськ	48	866	328	764	184	5	0

## Продовження додатку П

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	<b>Одеса</b>	46,5	876	329	762	183	8,5	3,3
13.1	Ізмаїл	45,5	883	329	760	182	6,2	0
13.2	Любашівка	48	866	328	764	184	—	—
14	<b>Полтава</b>	50	856	329	778	190	5,6	4,4
15	<b>Рівне</b>	50,5	857	329	777	188	7,5	0
15.1	Сарни	51,5	854	329	780	192	4	0
16	<b>Сімферополь</b>	45	887	330	759	181	6	0
16.1	Джанкой	45,5	883	329	760	182	—	—
16.2	Євпаторія	45	887	330	759	181	7,1	4
16.3	Керч	45,5	883	329	760	182	7,4	4,1
16.4	Севастополь	44,5	891	331	757	180	6,4	2,3
16.5	Судак	45	887	330	759	181	6,7	3,1
16.6	Феодосія	45	887	330	759	181	6	0
16.7	Ялта	44,5	891	331	757	180	4,4	0
17	<b>Суми</b>	51	856	329	778	190	5,9	0
18	<b>Тернопіль</b>	49,5	861	328	772	186	5,1	0
19	<b>Ужгород</b>	48,5	864	328	767	185	3,6	0
19.1	Берегове	48	866	328	764	184	3,8	0
19.2	Хуст	48	866	328	764	184	2,3	1,4
20	<b>Харків</b>	50	856	329	778	190	5	0
20.1	Ізюм	49	863	328	770	186	4	0
21	<b>Херсон</b>	46,5	876	329	762	183	6,2	0
21.1	Генічеськ	46	880	329	762	182	6,6	3,8
22	<b>Хмельницький</b>	49,5	861	328	772	186	5,7	0
22.1	Кам'янець-Подільський	48,5	864	328	767	185	5,4	0
23	<b>Черкаси</b>	49,5	861	328	772	186	—	—
23.1	Умань	48,5	864	328	767	185	5,4	0
24	<b>Чернігів</b>	51,5	854	329	780	192	4,2	0
24.1	Прилуки	50,5	857	329	777	188	5,2	0
25	<b>Чернівці</b>	48	866	328	764	184	5,4	0

Примітка до додатку П: Якщо у таблиці для області наведені кліматичні параметри тільки для обласного центру (обласні центри виділені жирним шрифтом), то ці параметри потрібно приймати для усієї області. Якщо для області наведено декілька пунктів з різними значеннями кліматичних параметрів, то у випадку відсутності у таблиці даних для району будівництва значення кліматичних параметрів слід приймати рівними значенням кліматичних параметрів найближчого до нього пункту, наведеного у таблиці та розташованого у місцевості з аналогічними умовами.



Додаток Т  
ОПР ПОВІТРОПРОНИКНЕННЮ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ  
ТА КОНСТРУКЦІЙ

Матеріал		Товщина шару $\delta$ , мм	Опір повітропроникненню $R_i$ , $m^2 \cdot год \cdot Па/кг$
1	2	3	4
1	Бетон суцільний (без швів)	100	19620
2	Газосилікат суцільний (без швів)	140	21
3	Вапняк-черепашник	500	6
4	Картон будівельний (без швів)	1,3	64
5	Кладка із суцільної цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в 1 цеглину	250 та більше	18
6	Те ж саме, товщиною в півцеглини	120	
7	Кладка із суцільної цегли на цементно-шлаковому розчині в 1 цеглину	250 та більше	18
8	Те ж саме, товщиною в півцеглини	120	1
9	Кладка із цегли керамічної порожнистої на цементно-піщаному розчині	120	2
10	Кладка із легкобетонного каменя на і цементно-піщаному розчині	400	13
11	Кладка із легкобетонного каменя на цементно-шлаковому розчині	400	1
12	Листи азбестоцементні з забиванням швів	6	196
13	Шпалери паперові звичайні	-	20
14	Обшивання з обрізних дощок, з'єднаних впритул чи у чверть	20-25	0,1
15	Обшивання із обрізних дощок, з'єднаних у шпунт	20-25	1,5
16	Обшивання із дощок подвійне з прокладанням між обшивками будівельного паперу	50	98
17	Обшивання із фіброліту чи із дерев'яно-волокнистих безцементних м'яких плит із забиванням швів	15-70	2,5
18	Обшивання із фіброліту чи із дерев'яно-волокнистих безцементних м'яких плит без забивання швів	15-70	0,5
19	Обшивання із жорстких дерев'яно-волокнистих листів із забиванням швів	10	3,3

Продовження додатку Т

1	2	3	4
20	Обшивання із гіпсової сухої штукатурки із забиванням швів	10	20
21	Пінобетон автоклавний (без швів)	100	1960
22	Пінобетон неавтоклавний	100	196
23	Піностирол	50-100	79
24	Піноскло суцільне (без швів)	120	Повітронепроникне
25	Плити мінераловатні жорсткі	50	2
26	Рубероїд	1,5	Повітронепроникне
27	Толь	1,5	490
28	Фанера клеєна (без швів)	3-4	2940
29	Шлакобетон суцільний (без швів)	100	14
30	Штукатурка цементно-піщана по кам'яній чи цегляній кладці	15	373
31	Штукатурка вапняна по кам'яній чи цегляній кладці	15	142
32	Штукатурка вапняно-гіпсова по дереву (по гонту)	20	17

Примітки до додатку Т: 1. Для кладок із цегли та каменя з розшиванням швів на зовнішній поверхні наведений у цій таблиці опір повітропроникненню треба збільшити на  $20 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ .

2. Опір повітропроникненню повітряних прошарків та шарів захисних конструкцій із сипких (шлаку, керамзиту, пемзи і т.ін.), пухких та волокнистих (мінеральної вати, соломи, стружки і т. ін.) матеріалів треба приймати рівним нулю незалежно від товщини шару.

3 Значення опору повітропроникненню при іншій, ніж наведена у таблиці, товщині шару допустимо визначати прямо пропорційно товщині.

4. Для матеріалів та конструкцій, що не наведені у цій таблиці, опір повітропроникненню треба визначати експериментально.

Додаток У  
ВОЛОГИСТЬ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ У МІСТАХ УКРАЇНИ

Населений пункт	Середня пружність водяної пари зовнішнього повітря $e$ , за місяць, Па											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>1 Вінниця</b>	360	390	470	710	1010	1340	1510	1480	1140	820	650	470
<b>2 Дніпропетровськ</b>	420	420	520	740	1040	1400	1550	1460	1130	840	660	500
<b>3 Донецьк</b>	380	400	490	720	990	1320	1470	1390	1050	620	630	480
<b>4 Житомир</b>	400	420	480	730	1030	1360	1540	1500	1160	820	640	480
<b>5 Запоріжжя</b>	430	440	540	760	1080	1450	1560	1480	1150	870	680	500
5.1 Бердянськ	460	460	560	840	1310	1720	1860	1780	1360	1000	740	550
<b>6 Івано-Франківськ</b>	360	420	530	760	1080	1410	1540	1520	1190	850	680	500
<b>7 Київ</b>	380	400	480	730	1040	1370	1550	1500	1170	630	630	470
<b>8 Кіровоград</b>	400	410	520	720	1020	1370	1510	1420	1090	820	660	490
<b>9 Луганськ</b>	370	390	500	730	980	1320	1500	1400	1060	800	610	460
<b>10 Луцьк</b>	400	420	560	770	1050	1360	1520	1500	1180	860	670	510
<b>11 Львів</b>	390	420	500	780	1060	1380	1510	1500	1190	850	680	500
<b>12 Миколаїв</b>	460	480	570	790	1130	1470	1610	1550	1260	940	760	560
<b>13 Одеса</b>	490	490	580	830	1220	1580	1710	1700	1360	1030	820	600
13.1 Любашівка	420	450	520	730	1040	1380	1500	1420	1100	860	700	520
<b>14 Полтава</b>	380	380	480	730	1000	1340	1500	1430	1080	800	620	460
<b>15 Рівне</b>	400	420	510	810	1100	1370	1520	1500	1160	840	670	500
<b>16 Сімферополь</b>	530	540	580	780	1130	1450	1590	1510	1200	950	810	640
16.1 Джанкой	510	520	580	810	1190	1540	1660	1570	1240	980	820	630
16.2 Євпаторія	580	570	630	900	1300	1710	1860	1780	1400	1090	900	710
16.3 Феодосія	580	570	680	870	1250	1600	1710	1700	1390	1090	900	700
16.4 Ялта	640	640	640	880	1240	1580	1700	1650	1360	1080	930	730
<b>17 Суми</b>	360	350	450	720	1010	1340	1570	1480	1090	760	580	430
<b>18 Тернопіль</b>	380	410	500	730	1020	1350	1500	1480	1150	840	660	480
<b>19 Ужгород</b>	450	460	560	640	1130	1470	1580	1570	1260	900	750	560
<b>20 Харків</b>	360	370	460	710	970	1280	1490	1440	1060	770	600	440
<b>21 Херсон</b>	480	490	570	790	1140	1470	1600	1520	1220	920	780	560
<b>22 Хмельницький</b>	360	390	500	720	1020	1340	1500	1460	1130	810	650	460
<b>23 Черкаси</b>	400	410	500	770	1060	1390	1580	1490	1140	820	660	490
<b>24 Чернігів</b>	370	370	470	740	1020	1360	1540	1500	1140	800	600	470
<b>25 Чернівці</b>	390	410	510	760	1090	1420	1580	1530	1190	650	650	490

Примітка до додатку У: Якщо у таблиці для області наведені кліматичні параметри тільки для обласного центру (обласні центри виділені жирним шрифтом), то ці параметри треба приймати для усієї області. Якщо для області наведено декілька пунктів з різними значеннями кліматичних параметрів, то у випадку відсутності у таблиці даних для району будівництва значення кліматичних параметрів слід приймати рівними значенням кліматичних параметрів найближчого до нього пункту, наведеного у таблиці та розташованого у місцевості з аналогічними умовами.

## Додаток Ф

### ОПІР ПОВІТРОПРОНИКНЕННЮ ЗАПОВНЕНЬ СВІТЛОВИХ ОТВОРІВ (ВІКОН, БАЛКОННИХ ДВЕРЕЙ ТА ЛІХТАРІВ)

Заповнення світлового отвору		Кількість ущільнених стулок заповнення	Опір повітропроникненню $R_i$ , $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ (при $\Delta p = 10 \text{ Па}$ ), заповнень світлових отворів із дерев'яними рамами з ущільненням прокладками з		
			пінополіуретану I	губчастої гуми II	напіввовняного шнура III
1	Одинарне чи подвійне скління у спарених рамах	1	0,26	0,16	0,12
2	Подвійне скління у роздільних рамах	1	0,29	0,18	0,13
3	Те саме	2	0,38	0,26	0,18
4	Потрійне скління у роздільно-спарених рамах	1	0,30	0,18	0,14
5	Те саме	2	0,44	0,26	0,20
6	Те саме	3	0,56	0,37	0,27

Примітки до додатку Ф:

- Опір повітропроникненню заповнень світлових отворів із металевими рамами, а також балконних дверей треба приймати з коефіцієнтом 0,8.
- Опір повітропроникненню вікон без відкриваних стулок (із ущільненими фальцами) слід приймати  $1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{кг}$  (незалежно від кількості та матеріалу рам та видів скління), zenітних ліхтарів (із ущільненим спряженням елементів) –  $0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ .

Додаток Ц  
Вихідні дані до виконання курсової роботи

N вар	$\delta_1$ , м	$\delta_2$ м	$\delta_4$ м	$\delta_5$ м	Номер матеріалу шарів					N вар	$t_b$ , °C	$\Phi_1$ , %	Місто	Орієнтація захисного шару	Висота будівлі	Заповнення світлового отвору
					1	2	3	4	5							
0	0,02	0,12	0,12	-	26	24	15	24	-	0	20	60	Київ	Захід	15	2-II
1	0,02	0,12	0,12	0,02	26	19	14	19	25	1	22	65	Харків	Схід	20	2-III
2	0,008	0,022	0,12	-	26	17	16	24	-	2	18	65	Дніпропетровськ	Південь	11	2-I
3	0,02	0,12	0,12	-	26	24	16	24	-	3	22	68	Житомир	Захід	20	2-II
4	0,008	0,022	0,12	0,015	26	17	16	24	25	4	20	61	Полтава	Схід	15	2-III
5	0,02	0,12	0,12	-	26	20	15	20	-	5	19	62	Черкаси	Південь	18	2-III
6	0,19	-	0,12	-	17	16	24	-	-	6	18	65	Львів	Захід	16	2-II
7	0,19	-	0,3	-	17	16	21	-	-	7	20	61	Дніпропетровськ	Схід	12	2-I
8	0,008	0,12	0,12	0,015	26	20	14	20	25	8	22	70	Івано-Франківськ	Південь	14	2-I
9	0,02	0,12	0,12	0,03	26	22	15	22	25	9	20	68	Сімферополь	Захід	17	2-II

Примітка до додатку Ц:

Вихідні дані для розрахунку товщини прошарків і номер матеріалу приймається за додатком А за передостанньою цифрою номера залікової книжки, інші дані – за останньою цифрою.

Захисні шари пронумеровані від внутрішнього прошарку в напрямку до зовнішнього.



Додаток С  
АМПЛІТУДА КОЛИВАНЬ ТЕМПЕРАТУРИ

Назва міста	Амплітуда коливань температури <span style="float: right;">середні</span> <span style="float: right;">максимальні</span> в °С											
	по місяцях											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вінниця	<u>5,9</u> 23,4	<u>6,5</u> 20,5	<u>7,1</u> 24,4	<u>9,4</u> 19,9	<u>11,3</u> 20,2	<u>11,5</u> 21,5	<u>11,9</u> 22,3	<u>11,6</u> 22,5	<u>11,1</u> 20,9	<u>8,5</u> 21,6	<u>5,1</u> 19,7	<u>4,8</u> 16,4
Дніпропетровськ	<u>5,4</u> 19,3	<u>5,9</u> 15,3	<u>6,9</u> 16,9	<u>10,0</u> 18,7	<u>11,3</u> 18,9	<u>11,3</u> 18,9	<u>11,3</u> 19,2	<u>11,6</u> 19,6	<u>11,0</u> 20,5	<u>8,6</u> 18,6	<u>5,9</u> 14,8	<u>5,0</u> 15,6
Донецьк	<u>5,5</u> 19,4	<u>5,9</u> 16,2	<u>6,8</u> 14,3	<u>9,8</u> 21,0	<u>11,2</u> 18,5	<u>10,9</u> 17,5	<u>11,3</u> 19,5	<u>11,2</u> 20,3	<u>10,5</u> 20,1	<u>7,8</u> 15,3	<u>5,6</u> 14,2	<u>4,9</u> 19,6
Запоріжжя	<u>5,8</u> 23,7	<u>6,4</u> 18,0	<u>8,0</u> 22,2	<u>11,2</u> 22,2	<u>12,3</u> 20,7	<u>12,4</u> 21,1	<u>13,3</u> 21,6	<u>13,2</u> 21,8	<u>12,8</u> 21,7	<u>9,9</u> 20,6	<u>6,6</u> 20,7	<u>5,5</u> 17,4
Київ	<u>5,3</u> 19,5	<u>5,8</u> 21,7	<u>6,8</u> 16,8	<u>8,7</u> 19,6	<u>10,3</u> 20,3	<u>10,6</u> 17,4	<u>10,8</u> 18,4	<u>10,7</u> 16,9	<u>10,2</u> 18,0	<u>7,6</u> 16,8	<u>4,8</u> 15,3	<u>4,4</u> 17,0
Кіровоград	<u>6,1</u> 22,6	<u>6,2</u> 17,2	<u>7,3</u> 18,2	<u>11,0</u> 21,9	<u>12,5</u> 22,3	<u>12,6</u> 23,4	<u>12,9</u> 22,0	<u>13,3</u> 23,7	<u>12,8</u> 25,4	<u>9,4</u> 25,4	<u>6,1</u> 19,0	<u>5,4</u> 15,5
Луганськ	<u>6,1</u> 21,5	<u>6,8</u> 20,8	<u>7,7</u> 23,8	<u>11,6</u> 23,3	<u>13,8</u> 24,0	<u>13,6</u> 22,7	<u>13,9</u> 22,1	<u>14,2</u> 23,8	<u>13,8</u> 24,2	<u>10,3</u> 23,6	<u>6,7</u> 19,9	<u>5,4</u> 20,2
Севастополь	<u>6,4</u> 20,0	<u>6,2</u> 17,0	<u>6,9</u> 17,5	<u>8,0</u> 18,8	<u>8,4</u> 18,1	<u>8,5</u> 16,5	<u>8,7</u> 15,5	<u>8,7</u> 17,6	<u>11,0</u> 15,7	<u>5,4</u> 16,7	<u>5,9</u> 16,3	<u>6,9</u> 16,7
Сімферополь	<u>8,2</u> 23,1	<u>8,7</u> 20,4	<u>10,0</u> 22,0	<u>12,5</u> 26,5	<u>13,4</u> 23,9	<u>13,1</u> 24,0	<u>14,0</u> 21,8	<u>14,2</u> 23,2	<u>14,1</u> 22,9	<u>11,9</u> 23,6	<u>9,6</u> 22,5	<u>8,2</u> 21,7
Феодосія	<u>6,0</u> 21,4	<u>6,2</u> 19,4	<u>6,6</u> 17,7	<u>7,6</u> 16,0	<u>8,4</u> 18,2	<u>8,4</u> 15,0	<u>8,6</u> 15,5	<u>8,5</u> 16,1	<u>8,3</u> 15,0	<u>7,4</u> 17,1	<u>6,2</u> 14,6	<u>5,9</u> 17,1

## Продовження додатку С

Ялта	<u>6,0</u> 17,8	<u>6,1</u> 15,3	<u>6,7</u> 21,0	<u>7,3</u> 20,0	<u>7,6</u> 17,7	<u>8,0</u> 15,5	<u>8,4</u> 16,9	<u>8,5</u> 14,9	<u>8,5</u> 14,5	<u>7,7</u> 15,9	<u>6,7</u> 13,6	<u>6,2</u> 14,7
Львів	<u>6,0</u> 20,4	<u>6,4</u> 18,0	<u>7,2</u> 23,4	<u>9,3</u> 20,3	<u>10,3</u> 18,5	<u>10,4</u> 21,6	<u>10,6</u> 19,3	<u>10,4</u> 21,4	<u>9,9</u> 19,3	<u>8,5</u> 20,0	<u>5,2</u> 16,8	<u>5,1</u> 14,3
Одеса	<u>5,2</u> 21,2	<u>5,6</u> 16,6	<u>5,9</u> 17,7	<u>6,8</u> 18,5	<u>7,2</u> 16,7	<u>8,1</u> 21,7	<u>8,8</u> 14,7	<u>8,6</u> 21,0	<u>8,0</u> 17,7	<u>6,6</u> 19,0	<u>5,1</u> 12,7	<u>4,9</u> 14,3
Ізмаїл	<u>6,9</u> 17,9	<u>7,5</u> 18,5	<u>8,5</u> 23,1	<u>10,7</u> 23,0	<u>10,8</u> 22,5	<u>11,0</u> 21,1	<u>11,8</u> 17,5	<u>12,3</u> 19,8	<u>11,9</u> 20,2	<u>10,7</u> 24,8	<u>7,0</u> 19,3	<u>6,8</u> 20,5
Полтава	<u>5,5</u> 18,1	<u>5,7</u> 18,0	<u>6,5</u> 15,0	<u>9,4</u> 17,3	<u>11,6</u> 19,1	<u>11,3</u> 21,7	<u>11,5</u> 17,8	<u>11,3</u> 18,6	<u>11,0</u> 18,3	<u>8,1</u> 18,3	<u>5,4</u> 14,8	<u>4,8</u> 15,5
Суми	<u>6,3</u> 21,2	<u>6,4</u> 18,8	<u>6,7</u> 17,4	<u>8,7</u> 19,9	<u>11,4</u> 19,7	<u>11,7</u> 21,2	<u>11,6</u> 19,0	<u>11,6</u> 21,9	<u>10,9</u> 19,7	<u>7,7</u> 23,0	<u>5,0</u> 16,3	<u>4,8</u> 17,6
Ужгород	<u>6,6</u> 18,8	<u>6,7</u> 24,4	<u>9,2</u> 22,1	<u>10,6</u> 21,4	<u>11,6</u> 20,5	<u>11,6</u> 23,1	<u>11,1</u> 22,5	<u>11,6</u> 22,2	<u>11,7</u> 19,9	<u>10,5</u> 23,3	<u>6,4</u> 17,1	<u>5,4</u> 17,3
Харків	<u>5,6</u> 18,5	<u>6,3</u> 20,4	<u>7,0</u> 18,5	<u>10,0</u> 19,9	<u>12,1</u> 21,7	<u>12,6</u> 20,5	<u>11,6</u> 22,0	<u>12,2</u> 21,0	<u>11,9</u> 25,4	<u>8,8</u> 24,2	<u>5,8</u> 16,0	<u>4,9</u> 16,8
Херсон	<u>6,2</u> 22,8	<u>6,4</u> 16,6	<u>8,1</u> 20,1	<u>11,0</u> 23,3	<u>11,8</u> 21,7	<u>12,0</u> 19,9	<u>12,7</u> 19,8	<u>12,7</u> 21,6	<u>12,3</u> 24,6	<u>9,8</u> 20,9	<u>6,5</u> 18,8	<u>5,8</u> 16,5
Хмельницький	<u>5,9</u> 23,2	<u>6,4</u> 18,5	<u>8,0</u> 21,9	<u>10,7</u> 22,5	<u>11,6</u> 20,2	<u>11,5</u> 23,1	<u>11,9</u> 19,8	<u>11,8</u> 20,3	<u>11,5</u> 21,1	<u>8,8</u> 21,3	<u>5,4</u> 16,9	<u>5,0</u> 15,6
Черкаси	<u>6,1</u> 25,5	<u>6,6</u> 23,1	<u>7,7</u> 25,9	<u>10,8</u> 22,1	<u>12,2</u> 23,4	<u>12,3</u> 22,4	<u>12,7</u> 21,9	<u>12,7</u> 22,3	<u>12,3</u> 22,9	<u>9,1</u> 23,9	<u>5,7</u> 20,5	<u>5,2</u> 17,1
Чернігів	<u>5,7</u> 28,1	<u>6,2</u> 18,0	<u>7,2</u> 23,4	<u>9,3</u> 20,3	<u>10,3</u> 18,5	<u>10,4</u> 21,6	<u>10,6</u> 19,3	<u>10,4</u> 21,4	<u>9,9</u> 19,3	<u>8,5</u> 20,0	<u>5,2</u> 16,8	<u>5,1</u> 14,3
Чернівці	<u>6,4</u> 23,6	<u>6,7</u> 20,1	<u>8,0</u> 20,1	<u>10,9</u> 22,8	<u>11,3</u> 21,3	<u>11,0</u> 20,5	<u>11,4</u> 19,9	<u>11,8</u> 20,4	<u>11,7</u> 23,1	<u>9,6</u> 21,3	<u>5,7</u> 16,8	<u>5,7</u> 16,5

Додаток Р

**КІЛЬКІСТЬ ТЕПЛА, ЩО НАДХОДИТЬ В ЛИПНІ ВІД СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ (ПРЯМОЇ)  
НА ГОРИЗОНТАЛЬНУ ПОВЕРХНЮ, Вт/м<sup>2</sup>**

Географічна широта, °пн.ш.	Години доби до полудня							
	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 – 10	10 – 11	11 - 12
44	9,304	76,758	181,428	348,9	509,394	621,042	717,571	760,602
46	15,119	90,714	195,384	348,9	502,416	607,086	701,289	746,646
48	16,282	90,714	209,34	355,878	495,438	593,13	685,007	732,69
50	17,445	104,67	216,318	362,856	495,438	586,152	668,725	725,712
52	32,564	118,626	223,296	362,856	495,438	586,152	666,399	718,734
54	48,846	132,582	223,296	362,856	488,46	579,174	662,91	711,756
Географічна широта, °пн.ш.	Години доби після полудня							
	19 - 20	18 - 19	17 - 18	16 - 17	15 - 16	14 - 15	13 – 14	12 - 13

Продовження додатку Р

**КІЛЬКІСТЬ ТЕПЛА, ЩО НАДХОДИТЬ В ЛИПНІ ВІД СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ (ПРЯМОЇ)  
НА ВЕРТИКАЛЬНІ ПОВЕРХНІ РІЗНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ, Вт/м<sup>2</sup>**

*А. Північна орієнтація*

Географічна широта, °пн.ш.	Години доби до полудня							
	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12
44	-	125,604	98,855	19,771	-	-	-	-
46	17,445	132,582	97,692	3,489	-	-	-	-
48	45,357	140,723	93,04	-	-	-	-	-
50	72,106	148,864	87,225	-	-	-	-	-
52	100,018	154,679	76,758	-	-	-	-	-
54	127,93	160,494	67,454	-	-	-	-	-
Географічна широта, °пн.ш.	Години доби після полудня							
	19 - 20	18 - 19	17 - 18	16 - 17	15 - 16	14 - 15	13 - 14	12 - 13

Продовження додатку Р

*Б. Південна орієнтація*

Географічна широта, °пн.ш.	Години доби до полудня							
	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 – 10	10 – 11	11 - 12
44	-	-	-	6,978	98,855	198,873	275,631	314,01
46	-	-	-	10,467	120,952	224,459	302,38	343,085
48	-	-	-	27,912	137,234	241,904	326,803	369,834
50	-	-	-	46,52	153,516	260,512	351,226	397,746
52	-	-	-	58,15	170,961	282,609	377,975	424,495
54	-	-	-	69,78	188,406	305,869	404,724	451,244
Географічна широта, °пн.ш.	Години доби після полудня							
	19 - 20	18 - 19	17 - 18	16 - 17	15 - 16	14 - 15	13 – 14	12 - 13

Продовження додатку Р

*В. Північно-східна та північно-західна орієнтація*

Географічна широта, °пн.ш.	Години доби для північно-східної орієнтації								
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
44	34,89	252,371	418,68	424,495	324,477	169,798	38,379	-	-
46	48,846	276,794	430,31	422,169	317,499	153,516	31,401	-	-
48	69,78	290,75	437,288	419,843	304,706	143,049	22,097	-	-
50	90,714	316,336	445,429	418,68	293,076	132,582	13,956	-	-
52	108,159	341,922	448,918	417,517	281,446	118,626	8,141	-	-
54	148,864	366,345	453,57	416,354	270,979	104,67	3,489	-	-
Географічна широта, °пн.ш.	Години доби для північно-західної орієнтації								
	19-20	18-19	17-18	16-17	15-16	14-15	13-14	12-13	11-12

Продовження додатку Р

*Г. Східна та західна орієнтація*

Географічна широта, °пн.ш.	Години доби для східної орієнтації								
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
44	51,172	331,455	514,046	579,174	562,892	452,407	279,12	104,67	-
46	75,595	365,182	523,35	578,011	565,218	453,57	279,12	104,67	-
48	89,551	370,997	536,143	589,641	565,218	453,57	279,12	104,67	-
50	104,67	376,812	548,936	601,271	565,218	453,57	279,12	104,67	-
52	160,494	422,169	564,055	607,086	572,196	457,059	280,283	104,67	-
54	217,481	467,526	579,174	614,064	579,174	460,548	281,446	104,67	-
Географічна широта, °пн.ш.	Години доби для західної орієнтації								
	19-20	18-19	17-18	16-17	15-16	14-15	13-14	12-13	11-12

Продовження додатку Р

*Д. Південно-східна та південно-західна орієнтація*

Географічна широта, °пн.ш.	Години доби для південно-східної орієнтації										
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
44	-	95,366	255,86	395,42	467,526	460,548	380,301	296,565	150,027	18,608	-
46	1,163	110,485	270,979	410,539	484,971	479,156	411,702	316,336	167,472	27,912	-
48	2,326	125,604	286,098	426,821	496,601	491,949	429,147	334,944	189,569	40,705	-
50	3,489	139,56	301,217	441,94	508,231	505,905	446,592	354,715	211,666	53,498	-
52	4,652	153,516	316,336	457,059	521,024	517,535	465,2	373,323	230,274	65,128	-
54	11,63	167,472	331,455	473,341	534,98	530,328	484,971	393,094	250,045	76,758	-
Географічна широта, °пн.ш.	Години доби для північно-західної орієнтації										
	19-20	18-19	17-18	16-17	15-16	14-15	13-14	12-13	11-12	10-11	9-10