

# **Звіт з енергетичного аудиту**

**«Вище професійне училище Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, м. Вінниця, вул. Генерала Арабея, 7, Будівля училища з гуртожитком, інвентарний №101310001»**



**Енергоаудитор:**

Неволя Ліна Ігорівна

Серія та номер кваліфікаційного  
атестата енергоаудитора

№ ЕЕ 00046

Вінниця, 2023р.

#### Контактні дані замовника

Назва організації або ПІБ замовника	Вище професійне училище Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (м. Вінниця)
Адреса організації або паспортні дані замовника	21020, м. Вінниця, вул. Генерала Арабея, 7
Контактна особа	Ігор Липчанчук
Посада	Т. в. о. начальника
Тел.	(0432) 53-09-52

#### Контактні дані об'єкта

Назва проекту	«Вище професійне училище Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, м. Вінниця, вул. Генерала Арабея, 7, Будівля училища з гуртожитком, інвентарний №101310001»
Адреса	м. Вінниця, вул. Генерала Арабея, 7
Контактна особа	Ігор Липчанчук
Посада	Т. в. о. начальника
Тел.	(0432) 53-09-52

#### Контактні дані аудиторів

Назва організація	ФОП Неволя Ліна Ігорівна
Адреса організації	21034, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Шимка Максима, буд. 38-Б, корпус 1, кв. 13
Контактна особа	Неволя Ліна Ігорівна
Посада	-
Тел.	+38 (068) 217-58-95

Звіт складено на основі інформації наданої замовником і отриманої в ході енергетичного обстеження об'єкту.

## Зміст

1. Вступ.....	3
2. Нормативні посилання.....	3
3. Загальні дані про будівлю .....	4
4. Конструктивні особливості будівлі .....	5
4.1. Зовнішні стіни.....	5
4.2. Вікна .....	6
4.3. Перекриття в рівні підлоги по ґрунту.....	6
4.4. Суміщене покриття .....	6
4.5. Вхідні двері .....	6
5. Характеристика інженерних систем.....	7
5.1. Опалення та охолодження .....	7
5.2. Гаряче водопостачання .....	7
5.3. Вентиляція.....	8
6. Енергоспоживання .....	8
7. Визначення класу енергетичної ефективності будівлі .....	8
8. Заходи з енергозбереження .....	8
8.1. Утеплення стін.....	9
8.2. Утеплення підвалу.....	9
8.3 Утеплення суміщеного покриття .....	10
8.4. Часткова заміна вікон.....	10
8.5. Модернізація системи опалення .....	11
8.6. Встановлення механічної системи вентиляції.....	12
8.7. Модернізація системи освітлення.....	13
Додаток А. Кваліфікаційний сертифікат.....	17
Додаток Б. Розрахунок енергопотреби та енергоспоживання будівлі.....	19

## 1. Вступ

Енергоаудит проводиться з метою визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та отримання енергетичного сертифіката будівлі.

## 2. Нормативні посилання

- ДБН В 2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель.
- ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель.
- ДСТУ Н Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.
- ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
- ДБН В.2.5-28:2018 Природне та штучне освітлення.
- ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги.
- ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Розділ «Енергоефективність» в складі проектної документації.
- ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

Наслідком цих стандартів та правил є наступні вимоги:



• м. Вінниця належить до I температурної зони загальною кількістю градусо-днів опалювального періоду -  $3501^{\circ}\text{C} \cdot \text{днів}$ .

- Внутрішня температура опалення для навчальних закладів  $+20^{\circ}\text{C}$ .
- Внутрішня температура охолодження для навчальних закладів  $+24^{\circ}\text{C}$ .
- Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін для I температурної зони  $R_{q \min}=4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .
- Мінімально допустиме значення опору теплопередачі вікон для I температурної зони  $R_{q \min}=0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .
- Мінімально допустиме значення опору теплопередачі суміщеного покриття для I температурної зони  $R_{q \min}=7,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .
- Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх дверей для I температурної зони  $R_{q \min}=0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

• Нормативні максимальні тепловитрати будівлі (I температурна зона), у даному випадку  $E_{\max}=44,9 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$

- Забезпечення повітрообміну приміщень.
- Забезпечення місцевого регулювання теплового потоку для забезпечення комфортних умов.
- Забезпечення необхідної кількості гарячої води відповідної температури згідно з нормативами.
- Забезпечення належного рівня освітленості.
- Теплоізоляція трубопроводів, кранів, арматури.

### 3. Загальні дані про будівлю

#### Загальні дані

Назва об'єкту	«Вище професійне училище Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, м. Вінниця, вул. Генерала Арабея, 7, Будівля училища з гуртожитком, інвентарний №101310001»
Кількість поверхів	4
Чиста висота приміщення, м.	3,0
Опалювальний об'єм, м <sup>3</sup>	25228,5
Опалювальна площа, м <sup>2</sup>	7052,7
Загальна площа будівлі, м <sup>2</sup>	7052,7
Загальний об'єм будівлі, м <sup>3</sup>	29886
Тип системи тепlopостачання	Централізована
Система гарячого водopостачання	Від електричних водонагрівачів
Система вентиляції	Припливно витяжна з природним спонуканням
Коефіцієнт скління фасадів	0,32
Показник компактності будинку	0,38

#### Площі зовнішніх огорожень будинку

Ч.ч	Вид огорожувальної конструкції	Загальна площа, м <sup>2</sup>
1	Зовнішні стіни	3413,8
	В тому числі:	
	- стіни, що контактують з зовнішнім повітрям;	2777,5
	- стіни, що контактують з ґрунтом	636,3
2	Підлога по ґрунту	2353,8
3	Суміщене покриття	2401,5
4	Світлопрозорі конструкції, в тому числі:	1325,4
	- вікна	1325,4
5	Вхідні двері в будинок, в тому числі:	33,2
	- світлопрозорі вхідні двері	15
	- вхідні двері	18,2
	<b>Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку, АΣ, м<sup>2</sup></b>	<b>9527,7</b>

## 4. Конструктивні особливості будівлі

### 4.1. Зовнішні стіни

Зовнішні стіни:

- цегляна кладка товщиною 510 мм без утеплення з облицюванням штукатуркою та плиткою;

- цегляна кладка товщиною 380 мм без утеплення з облицюванням плиткою;

- залізобетон товщиною 500 мм.

Приведений опір зовнішніх стін кондиціонованого об'єму, що контактують з зовнішнім повітрям дорівнює  $0,7 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ .

Приведений опір зовнішніх стін кондиціонованого об'єму, що контактують з ґрунтом дорівнює  $0,2 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ .

Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним вимогам.

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін  $U = 1,43 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ .



Загальна оцінка існуючого стану – задовільний.



#### 4.2. Вікна

Вікна металопластикові з подвійним склінням.

Приведений опір теплопередачі віконних металопластикових блоків дорівнює  $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , що не відповідає мінімальним вимогам.

Коефіцієнт теплопередачі  $U = 1,33 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ .



#### 4.3. Переkritтя в рівні підлоги по ґрунту

Переkritтя -залізобетонна плита товщ. 220 мм. з цементно-піщаної стяжкою та покривний шар підлоги.

Приведений опір переkritтя  $0,2 \text{ м}^2 \text{ К}/\text{Вт}$ .

Коефіцієнт теплопередачі  $U = 5 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ .

#### 4.4. Суміщене покриття

Переkritтя -залізобетонна плита товщ. 220 мм. з цементно-піщаної стяжкою.

Приведений опір переkritтя  $0,3 \text{ м}^2 \text{ К}/\text{Вт}$ .

Коефіцієнт теплопередачі  $U = 3,33 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ .

#### 4.5. Вхідні двері

Входи оснащені металопластиковими та металевими вхідними дверима. Стан вхідних дверей задовільний.

Приведений опір зовнішніх дверей дорівнює  $0,6 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ . Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним вимогам.

Коефіцієнт теплопередачі  $U = 1,67 \text{ Вт/м}^2\text{К}$



## 5. Характеристика інженерних систем

### 5.1. Опалення та охолодження

Джерело опалення – система централізованого теплопостачання. Теплопостачання будівлі здійснюється по одному тепловому вводу.

В якості опалювальних приладів – радіатори, які влаштовані біля зовнішніх стін та під вікнам.



Централізована система охолодження та кондиціонування не передбачена.

### 5.2. Гаряче водопостачання

Джерело гарячого водопостачання – електричні водонагрівачі.  
Теплоносій – вода. Температура теплоносія –  $55 \text{ }^\circ\text{C}$ .





### 5.3. Вентиляція

Вентиляція будівлі припливно витяжна з природним спонуканням. Тому вентиляція приміщень будівлі відбувається в природній спосіб за рахунок перепаду тиску в середині та зовні будівлі та повітропроникності огорожувальних конструкцій (через нещільності в віконних конструкціях і відкриті елементи віконних, дверних конструкцій при провітрюванні). Видалення повітря відбувається через вент. канали.

### 6. Енергоспоживання

Розрахунковий обсяг споживання електроенергії за рік:

- Енергоспоживання при опаленні – 2314833,6 кВтгод.;
- Енергоспоживання при охолодженні – 47755,4 кВтгод.;
- Енергоспоживання ГВП – 108118,6 кВтгод.;
- Енергоспоживання при освітленні – 120529,2 кВтгод.

Розрахунок енергопотребности та енергоспоживання детальніше див. додаток Б.

### 7. Визначення класу енергетичної ефективності будівлі

$$\Delta EP = [(EP_{use} - EP_p) / EP_p] \times 100$$

де:  $EP_{use}$  - загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні;

$EP_p$  - граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель.

$$EP_p = 44,9 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

$$EP_{use} = EP_{H,use} + EP_{C,use}$$

Де:  $EP_{H,use}$  - питоме енергоспоживання при опаленні, кВт·год/м<sup>3</sup>

$EP_{C,use}$  - питоме енергоспоживання при охолодженні, кВт·год/м<sup>3</sup>

$$EP_{use} = 91,8 + 1,9 = 93,7 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

$$\Delta EP = [(44,9 - 93,7) / 93,7] \cdot 100 = -108,7 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

**Клас енергетичної ефективності будівлі**

Клас енергетичної ефективності будівлі	Відсоткові показники, $\Delta EP$
A	$\Delta EP < -50$
B	$-50 \leq \Delta EP < -20$
C	$-20 \leq \Delta EP \leq 0$
D	$0 < \Delta EP \leq 20$
E	$20 < \Delta EP \leq 35$
F	$35 < \Delta EP \leq 50$
G	$50 < \Delta EP$

*Згідно з методикою визначення енергетичної ефективності дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «G»*

### 8. Заходи з енергозбереження

Після дослідження стану будинку та споживання ним енергоресурсів можна зробити висновок, що існуючі показники відрізняються від еталонних згідно з ДБН. Тому актуально буде запропонувати енергоефективні заходи, які не тільки зменшать споживання теплової енергії, а й покращать умови комфортного перебування в будівлі.

Для даної будівлі найбільш актуальними заходами, що принесуть економію теплової енергії та покращать умови перебування, є:

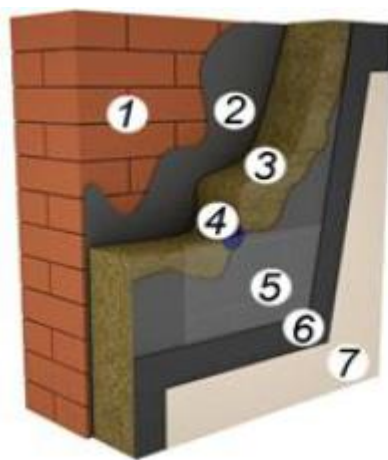
- Утеплення фасадів;
- Утеплення перекриття в рівні підлоги по ґрунту;
- Утеплення підвалу (цоколя);
- Часткова заміна вікон;
- Модернізація системи опалення;
- Модернізація систем вентиляції;
- Модернізація системи освітлення.

### 8.1. Утеплення стін

Загальна площа стін, які потрібно утеплити складає 2777,5 м<sup>2</sup>, в тому числі стіни опалювального підвалу, що контактують з зовнішнім повітрям. Приведений термічний опір існуючих стін складає 0,7 м<sup>2</sup> К/Вт і не відповідає нормам. Пропонується досягти значення 4 м<sup>2</sup> К/Вт шляхом утеплення стін.

Ізоляцію стін пропонується виконати за системою зовнішнього утеплення «мокрый фасад». Дана система досить проста в реалізації та надійна в експлуатації. В якості основного матеріалу використовується мінеральна вата товщиною 150 мм, густиною 87,5 кг/м<sup>3</sup> та коефіцієнтом теплопровідності 0,0371 Вт/мК, але не більше ніж 0,045 Вт/мК.

На етапі робочого проектування слід повторно розглянути варіант утеплення та обрати найдоцільніший варіант, який відповідає сучасним вимогам на час проектування.

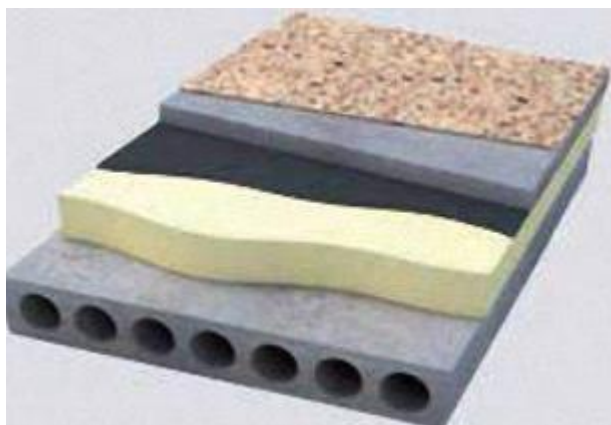


1. Стіна
2. Клейовий шар
3. Утеплювач
4. Тарілчастий дюбель
5. Армуюча скло сітка
6. Клейовий шар
7. Декоративно-захисний шар

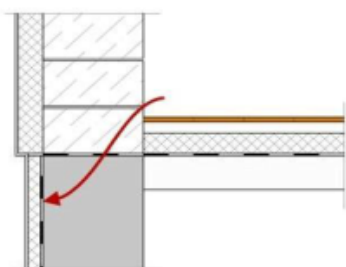
### 8.2. Утеплення підвалу

Загальна площа перекриття в рівні підлоги по ґрунту для опалювального підвалу 2353,8 м<sup>2</sup>, загальна площа стін підвалу, що контактують з ґрунтом 636,3 м<sup>2</sup>. Приведений термічний опір існуючого перекриття складає 0,2 м<sup>2</sup> К/Вт. Приведений термічний опір існуючих стін підвального поверху складає 0,2 м<sup>2</sup> К/Вт.

Пропонується утеплити перекриття в рівні підлоги по ґрунту за допомогою екструдованих пінополістирольних плит загальною товщ. не менше 50 мм, та теплопровідністю не більше ніж 0,037 Вт/мК.



Також пропонується утеплити стіни підвалу, що контактують з ґрунтом екструдованими пінополістирольними плитами товщиною не менше 100 мм, теплопровідністю не більше ніж 0,037 Вт/мК на 2м. нижче рівня землі.



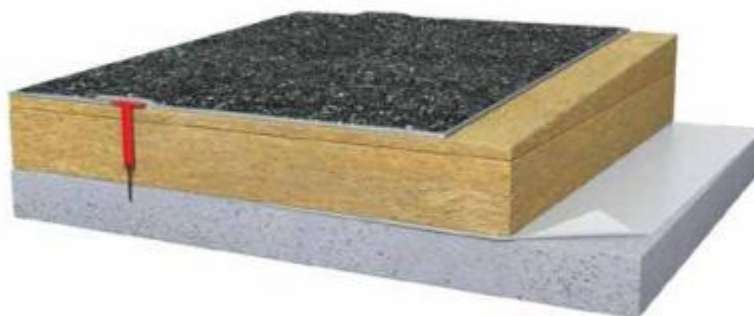
Теплова ізоляція стіни виконується на 2 м нижче рівня землі (відповідно до п 4.10 (ДСТУ 9191:2022) , причому утеплювач у цій частині меншої товщини. При такому способі утеплення цоколь буде трохи "втоплений" по відношенню до стіни, що дозволить вберегти його від атмосферних опадів.

На етапі робочого проектування слід повторно розглянути варіант утеплення та обрати найдоцільніший варіант, який відповідає сучасним вимогам на час проектування.

### 8.3 Утеплення суміщеного покриття

Загальна площа суміщеного покриття 2401,5 м<sup>2</sup>. Приведений термічний опір існуючого покриття складає 0,3 м<sup>2</sup> К/Вт.

Пропонується утеплити покриття за допомогою мінеральної вати загальною товщ. не менше 250 мм, та теплопровідністю не більше ніж 0,0373 Вт/мК.



### 8.4. Часткова заміна вікон

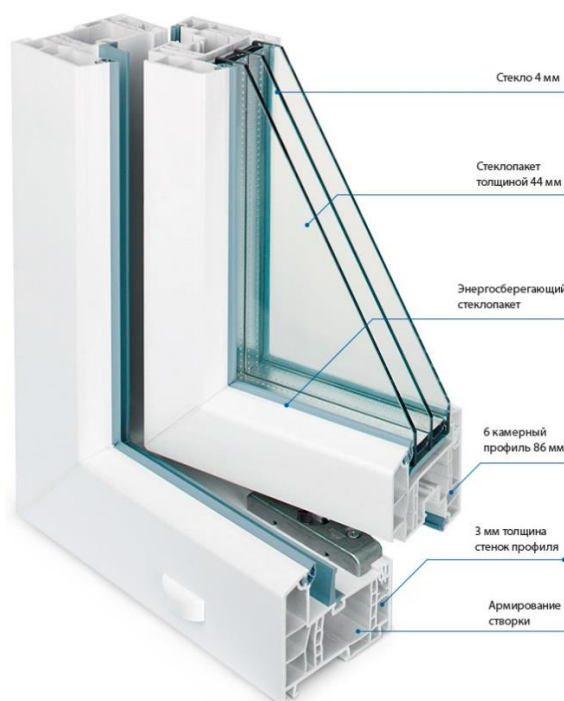
Загальна площа вікон становить в кондиціонованому об'ємі – 1325,4 м<sup>2</sup>. Приведений опір теплопередачі існуючих металопластикових вікон становить 0,75 м<sup>2</sup> К/Вт, що не відповідає мінімальним нормам. Пропонується замінити вікна на сучасні ПВХ вікна, конструкції яких виготовляються з металопластикового профілю та оснащені

трьохкамерними склопакетами. Значення опору теплопередачі вікон становить не менше ніж  $0,9 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ .

Вікна ПВХ володіють високою герметичністю і в закритому положенні практично не пропускають повітря, що в свою чергу порушує повітрообмін і згодом сприяє накопиченню вуглекислотного газу, парів, утворенню грибка і цвілі. Щоб уникнути всіх вище вказаних проблем, пропонується розробка техніко-економічного обґрунтування для вибору оптимальної схеми вентиляції з можливою рекуперацією тепла або без неї. Розрахунки системи вентиляції необхідно виконати згідно з сучасними ДБН з вентиляції та кондиціонування.

Також можливо придбати вікна з вентиляційною решіткою (вбудованим вентиляційним клапаном), в такому випадку слід звернути увагу на їх сертифікацію, яка підтверджує, що вікна виготовлено відповідно вимог.

На етапі робочого проектування слід повторно розглянути варіанти склопакетів та обрати найдоцільніший тип, який відповідає сучасним вимогам на час проектування.



## 8.5. Модернізація системи опалення

У рамках модернізації планується проведення таких заходів:

- Утеплення внутрішніх магістральних трубопроводів які проходять в неопалювальних приміщеннях. При недостатньо утеплених трубопроводах температура теплоносія у споживачів значно нижча від нормованої, що призводить до її більшої втрати, тому теплоізоляція дозволяє підтримувати необхідні мінімальні перепади температури на великих відстанях, тим самим економлячи кількість спожитої теплової енергії.

- Балансування опалювальної системи. Балансування системи опалення здійснюється для забезпечення рівномірного розподілу теплоносія у всіх точках споживання. Балансування здійснюється за допомогою установки в системі балансуючих клапанів.

- Встановлення балансувальних клапанів. Їх встановлення забезпечує енергозбереження за рахунок необхідної витрати теплоносія для забезпечення потрібної

температури і комфортної роботи системи. В цілому балансувальний клапан збільшує термін служби системи і істотно скорочує кількість несправностей.

- Заміна опалювальних приладів на сучасні радіатори.

- Дооснащення зарядаторними рефлекторами. Встановлення тепловідбиваючих екранів за радіатором є не тільки маловитратним заходом, але й значно сприяє поліпшенню комфорту в приміщенні, оскільки стіна за батареєю не буде прогріватись, а енергія, яка раніше витрачалась на прогрів стіни, буде використана корисно для підняття температури

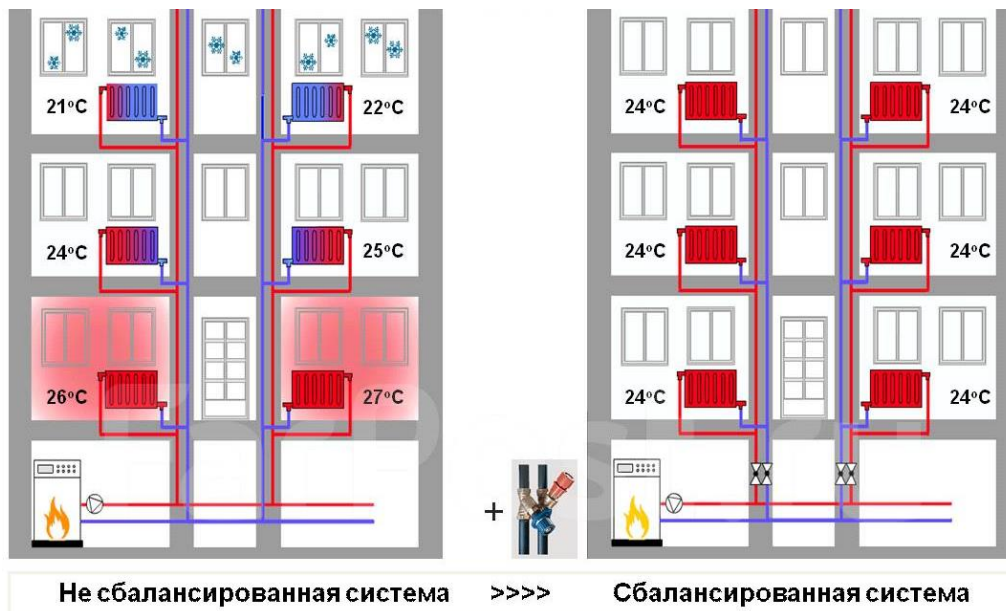


Приклад інсталяції зарядаторного рефлектора



Загальний вигляд теплової ізоляції для трубопроводів

В кімнаті.



Не сбалансированная система

Сбалансированная система

## 8.6. Встановлення механічної системи вентиляції

Необхідне створення нової системи вентиляції в будівлі.

З токи зору енергоефективності важливим аспектом є наявність рекуперації. Рекуперація повітря - це, перш за все процес повернення тепла (в літній період холоду) повітря, що видаляється - повітрям яке нагнітається (свіжому). Рекуперація повітря забезпечується за рахунок підігріву (охолодження) приточного повітря, за рахунок витяжного тепла (холоду), такі системи як правило мають можливість встановлення додаткового блоку підігріву. Крім обігріву ми також можемо контролювати вологісний режим приміщення.

Таким чином можна відзначити наступні переваги рекупераційних систем:

- Зменшення витрат на обігріві приміщень палат, кабінетів, або цілого будинку (споруди) за рахунок ефективного використання витяжного тепла (холоду);
- Постійне забезпечення чистого повітря в палаті (будинку) при будь-якій погоді при закритих вікнах;
- Видалення шкідливих речовин, CO<sub>2</sub>, неприємних запахів;
- Висока якість повітря за рахунок використання фільтрів;



- Відсутність цвілі за рахунок контролю вологісного режиму приміщень.
- Звукоізоляція та відсутність необхідності відкривати вікна.

Пропонується використання рекуператорів типу Ppapa.

Унікальною особливістю Ppapa є одночасна подача та витяжка повітря без їх змішування. Це гарантує виведення забрудненого повітря з приміщення та подачу свіжого, чистого.

Компактність та простота також є перевагою виробу. Ppapa - це пристрій невеликих розмірів, який легко встановлюється у стіну.



## 8.7. Модернізація системи освітлення

Пропонується провести заміну частини освітлювальних приладів. Світловіддача ламп розжарювання має невелике значення, крім того, строк служби таких ламп складає біля 1000 годин (приблизно 4 місяці, за умови роботи в середньому 8 год/добу).

Пропонується встановити світлодіодні світильники.

Переваги світлодіодних світильників:

- значний строк служби 9 до 60 000 год, тоді як лампа розжарювання світить близько 1000 год, а звичайна люмінесцентна лампа – 8000 год);
- значно вища світловіддача (сучасні світлодіоди більше 75% енергії перетворюють на світло, тоді як майже 90% енергії ламп розжарювання – це тепло);
- не потрібно утилізувати відпрацьовані лампи;
- моментальне вмикнення та можливість частого вмикання;
- не потрібні стартери;
- працює стабільно при коливаннях напруги (світловий потік незмінний).



Мощность **11 Вт**  
Эквивалент лампы накаливания 60 Вт

До **80%** экономии эл. энергии

	Время работы	Потребление энергии
Накаливания	1 месяц	60 Вт
Люминесцентная	1 год	12 Вт
Светодиодная	6 лет	11 Вт

# Додаток А

Кваліфікаційний сертифікат



Вищий навчальний заклад  
«Міжрегіональна Академія управління персоналом»  
Атестаційна комісія з проведення професійної атестації осіб,  
які мають намір провадити діяльність із сертифікації  
енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем будівель

# КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ АТЕСТАТ

№ ЕЕ 00046

**НЕВОЛЯ**

**ЛІНА ІГОРІВНА**

пройшов атестацію в Атестаційній комісії МАУП  
та має право провадити діяльність з

**ПРОВЕДЕННЯ АУДИТУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ**

Рішення Атестаційної комісії №46  
від «12» квітня 2019 року

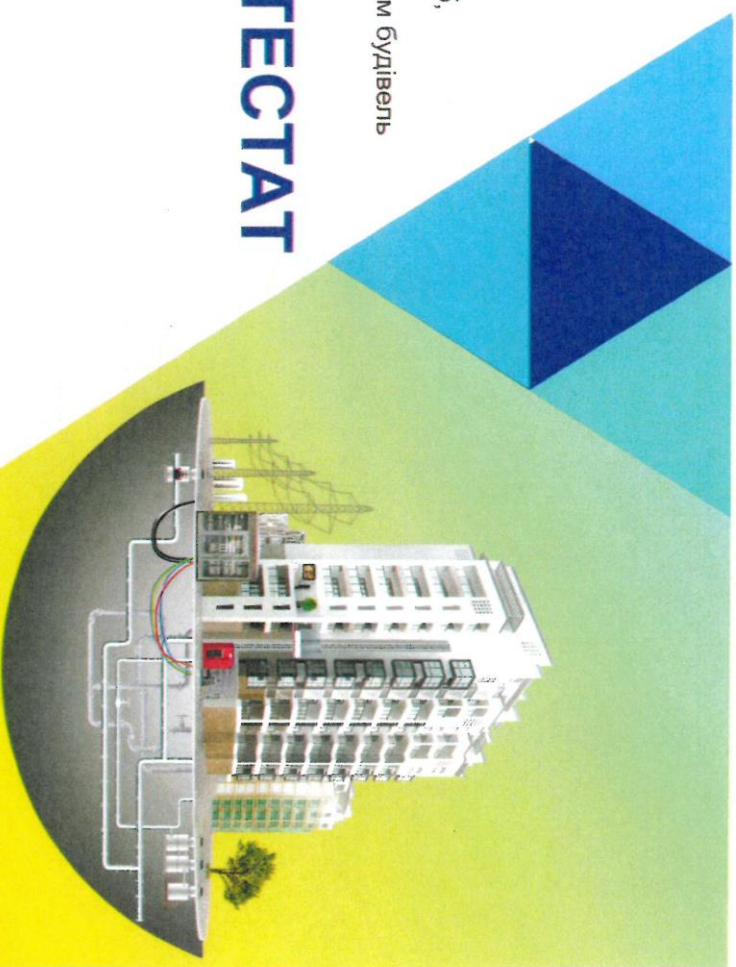
Строк дії кваліфікаційного атестату  
до «11» квітня 2024 року

**Голова Атестаційної комісії,**

**Д.Т.Н.**



**О.М.Галінський**



# Додаток Б

Розрахунок енергопотребы та енергоспоживання  
будівлі

## ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ .....	2
2. РОЗРАХУНКОВІ ПАРАМЕТРИ .....	3
3. ОСНОВНІ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ .....	3
4. ОБ'ЄМНО –ПЛАНУВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	4
5. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ .....	4
5.1 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ.....	4
5.3 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОВНІШНІХ ВІКОН ТА ДВЕРЕЙ.....	7
5.4 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СУМІЩЕНОГО ПОКРИТТЯ.....	7
5.5 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕКРИТТЯ В РІВНІ ПІДЛОГИ ПО ГРУНТУ .....	7
6. ЕНЕРГОПОТРЕБА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ.....	8
6.1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТРАНСМІСІЄЮ .....	8
6.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ .....	12
6.3 ТЕПЛОВІ НАДХОДЖЕННЯ .....	15
6.4 ДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ.....	23
6.5 ВНУТРІШНІ УМОВИ.....	24
6.6 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОПОТРЕБИ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ .....	24
7. ЕНЕРГОПОТРЕБА ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ .....	25
7.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТРАНСМІСІЄЮ .....	25
7.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ .....	26
7.3 ДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ.....	29
7.4 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОПОТРЕБИ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ.....	30
8. ЕНЕРГОПОТРЕБИ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ( $Q_{DHW,nd}$ ).....	30
9. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОПОТРЕБИ БУДІВЛІ.....	30
10. ЗАГАЛЬНЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОПАЛЕНІ .....	31
11. ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОХОЛОДЖЕНІ.....	33
12. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ.....	34
14. ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ .....	35
13. ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОСВІТЛЕННІ.....	36

## 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Об'єкт- «Вище професійне училище Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, м. Вінниця, вул. Генерала Арабея, 7, Будівля училища з гуртожитком, інвентарний №101310001».

Зовнішні стіни:

- цегляна кладка товщиною 510 мм без утеплення з облицюванням штукатуркою та плиткою;
- цегляна кладка товщиною 380 мм без утеплення з облицюванням плиткою;
- залізобетон товщиною 500 мм.

Суміщене покриття – з/б основа без утеплення.

Перекрыття в рівні підлоги по ґрунту не утеплюється.

Світлопрозорі конструкції (вікна, фасадні двері) виконані з ПВХ-профілів із подвійним склінням із заповненням однокамерними склопакетами.

У будівлі передбачено централізоване теплопостачання та гаряче водопостачання від електричних бойлерів.

Вентиляція в будинку передбачається припливно-витяжна з природним спонуканням.

Облік енергоресурсів:

- енергії для системи опалення – лічильниками теплової енергії;
- енергії для системи гарячого водопостачання - лічильниками електричної енергії;
- електроенергії –лічильниками активної електричної енергії.

Система водяного опалення.

Теплоносій – вода.

Опалювальні прилади – радіатори.

Тип системи – двотрубна.

Регулювання температури теплоносія в системі – відсутнє (без залежності від погодних умов або надмірною температурою).

Відповідність проекту опалюваної площі будівлі - відповідає .

Гідрравлічне балансування системи – відсутнє.

Регулювання періодичності зниження споживання енергії системою та/або розподілення теплоносія –відсутнє автоматичне регулювання.

Регулювання із застосуванням електроенергії – відсутнє.

Теплоізоляція трубопроводів та запірно-регулювальної арматури – наявна.

Регулювання температури приміщення - з П-регулюванням (ІК).



Температурний напір (за температури повітря 20 °С) – 60 К (наприклад, 90/70).

Специфічні тепловтрати через зовнішні огороження - опалювальний прилад встановлено біля зовнішньої стіни, вікно без радіаційного захисту.

Гідравлічне налагодження – відсутнє.

Система повітряного опалення – відсутня.

Система панельно-променевого водяного або електричного опалення - відсутнє.

Система електричного опалення – відсутня.

Система гарячого водопостачання.

Розташування трубопроводів та їх теплоізоляція - трубопроводи розташовані в опалюваній частині будівлі та в неопалювальній, теплоізолювані стандартно.

Тип системи – тупикова.

Розташування циркуляційного трубопроводу – відсутнє.

Регулювання швидкості обертання насоса – відсутнє.

Регулювання періодичності зниження споживання енергії системою – відсутнє.

Тип джерела енергії та підігріву акумуляційного бака – електричні водонагрівачі.

Регулювання витoku води - ручне.

## **2. РОЗРАХУНКОВІ ПАРАМЕТРИ**

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021, для навчальних закладів:

- розрахункова температура внутрішнього повітря  $t_v = 20$  °С;
- розрахункове значення відносної вологості повітря  $\varphi_v = 50$  %.

Відповідно до таблиці Б.1 Додатку Б ДБН В.2.6-31:2021,  $t_v = 20$  °С і  $\varphi_v = 50$  % є показниками "нормального" вологісного режиму.

Вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях.

Згідно до таблиці Б.3 Додатку Б ДБН В.2.6-31:2021, "нормальний" вологісний режим приміщень відповідає умовам експлуатації "Б".

**Кількість градусо-днів опалювального періоду** для I температурної зони – більше 3501°С· днів.

## **3. ОСНОВНІ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ**

Площі зовнішніх огорожень будинку наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1.** Площі зовнішніх огорожень будинку

Ч.ч	Вид огорожувальної конструкції	Загальна площа, м <sup>2</sup>
1	Зовнішні стіни В тому числі: - стіни, що контактують з зовнішнім повітрям; - стіни, що контактують з ґрунтом	3413,8  2777,5 636,3
2	Підлога по ґрунту	2353,8
3	Суміщене покриття	2401,5
4	Світлопрозорі конструкції, в тому числі: - вікна	1325,4 1325,4
5	Вхідні двері в будинок, в тому числі: - світлопрозорі вхідні двері - вхідні двері	33,2 15 18,2
	<b>Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку, А<sub>Σ</sub>, м<sup>2</sup></b>	<b>9527,7</b>

Кондиціонована площа будівлі становить  $A_f = 7052,7 \text{ м}^2$ .

Кондиціонований об'єм будівлі становить  $V_f = 25228,5 \text{ м}^3$ .

#### 4. ОБ'ЄМНО – ПЛАНУВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Коефіцієнт скління фасадів будинку визначається за формулою:

$$m_{gl,v} = (A_{i,\Sigma C,B}) / (A_{i,\Sigma C,B} + A_{i,\Sigma H,B}) = 1325,4 / (1325,4 + 2777,5 + 33,2) = 0,32.$$

Показник компактності будинку,  $\Lambda_{bc,i}$ ,  $\text{М}^{-1}$ :

$$\Lambda_B = A_{i\Sigma} / V = 9527,7 / 25228,5 = 0,38.$$

### 5. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

#### 5.1 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ

Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в І-й температурній  $R_{qmin} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ .

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються наведені в таблицях. Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції дорівнюють:

$$h_{si} = 8,7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); h_{se} = 23 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Конструкція зовнішньої стіни (тип І) – цегляна кладка. Товщина кладки - 510 мм.

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, наведено в таблиці 2.

**Таблиця 2.** Теплофізичні параметри матеріалів.

№ шару	Найменування шару	Густина, $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина, $\delta$ , м	Теплопровідність $\lambda_{ip}$ , Вт/(м·К)
1	Плитка облицювальна	--	--	--
2	Цегляна кладка	1800	0,51	0,81

$$R_{\Sigma пр. заг.} = 1/8,7 + 0,51/0,81 + 1/23 = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$S = 1664,6 \text{ м}^2.$$

Конструкція зовнішньої стіни (тип II) – цегляна кладка. Товщина кладки - 510 мм.

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, наведено в таблиці 3.

**Таблиця 3.** Теплофізичні параметри матеріалів.

№ шару	Найменування шару	Густина, $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина, $\delta$ , м	Теплопровідність $\lambda_{ip}$ , Вт/(м·К)
1	Штукатурка	--	--	--
2	Цегляна кладка	1800	0,51	0,81

$$R_{\Sigma пр. заг.} = 1/8,7 + 0,51/0,81 + 1/23 = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$S = 211,2 \text{ м}^2.$$

Конструкція зовнішньої стіни (тип III) – цегляна кладка. Товщина кладки - 380 мм.

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, наведено в таблиці 4.

**Таблиця 4.** Теплофізичні параметри матеріалів.

№ шару	Найменування шару	Густина, $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина, $\delta$ , м	Теплопровідність $\lambda_{ip}$ , Вт/(м·К)
1	Плитка облицювальна	--	--	--
2	Цегляна кладка	1800	0,38	0,81

$$R_{\Sigma пр. заг.} = 1/8,7 + 0,38/0,81 + 1/23 = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$S = 520,9 \text{ м}^2.$$

**Цоколь.** Конструкція зовнішньої стіни (тип IV) – залізобетон. Товщину стіни приймаємо 500 мм. Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, наведено в таблиці 5.

**Таблиця 5.** Теплофізичні параметри матеріалів.

№ шару	Найменування шару	Густина, $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина, $\delta$ , м	Теплопровідність $\lambda_{ip}$ , Вт/(м·К)
1	Оздоблення	-	-	-
2	Залізобетон	2500	0,5	2,04

Тоді, опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma пр. заг.} = 1/8,7 + 0,5/2,04 + 1/23 = 0,4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$S = 380,8 \text{ м}^2.$$

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних теплопровідних включень навколо вікон:

- включення в зоні перемичок для стіни = 0,081 Вт/мК;

- включення в зоні підвіконня для стіни = 0,039 Вт/мК;

- включення в зоні рядового сполучення для стіни = 0,056 Вт/мК.

Для розрахунку енергетичної ефективності будівлі знайдено середнє значення опору теплопередачі стін:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{2777,5}{(1664,6/0,8 + 211,2/0,8 + 520,9/0,7 + 380,8/0,4 + 723,9 \cdot 0,081 + 710,6 \cdot 0,039 + 2 \cdot 276,1 \cdot 0,056)} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma пр} \leq R_{qmin}$$

**Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін, що контактують з ґрунтом.**

Конструкція зовнішньої стіни (тип V) – залізобетон. Товщину стіни приймаємо 500 мм. Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, наведено в таблиці 6.

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, наведено в таблиці 6.

**Таблиця 6.** Теплофізичні параметри матеріалів

№ шару	Найменування шару	Густина, $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина, $\delta$ , м	Теплопровідність $\lambda_{ip}$ , Вт/(м·К)
1	Залізобетон	2500	0,5	2,04

Тоді, опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma пр} = 0,5/2,04 = 0,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$S = 636,3 \text{ м}^2.$$

### 5.3 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОВНІШНІХ ВІКОН ТА ДВЕРЕЙ

Приведений опір теплопередачі зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій –  $R_{\Sigma \text{ пр. wi}} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Приведений опір теплопередачі вхідних дверей у будинок –  $R_{\Sigma \text{ пр. fdi}} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

### 5.4 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СУМЩЕНОГО ПОКРИТТЯ.

Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин сумщеного покриття в I-й температурній зоні становить:

$$R_{q \text{ min}} = 7,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції дорівнюють:

$$h_{si} = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); h_{se} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

**Таблиця 7.** Теплофізичні параметри матеріалів

№ шару	Найменування шару	Густина, $\rho_0, \text{ кг/м}^3$	Товщина, $\delta, \text{ м}$	Теплопровідність $\lambda_{ip}, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Стяжка з цементно-піщаного р-ну	1800	0,05	0,93
2	Плита залізобетонна	2500	0,22	2,04

Тоді,  $R_{\Sigma} = 1/10 + 0,05/0,93 + 0,22/2,04 + 1/23 = 0,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;

$$S = 2401,5 \text{ м}^2.$$

### 5.5 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕКРИТТЯ В РІВНІ ПІДЛОГИ ПО ГРУНТУ

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, наведено в таблиці 8.

**Таблиця 8.** Теплофізичні параметри матеріалів

№ шару	Найменування шару	Густина, $\rho_0, \text{ кг/м}^3$	Товщина, $\delta, \text{ м}$	Теплопровідність $\lambda_{ip}, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Опорядження підлоги	-	-	-
2	Цементно-піщана стяжка	1800	0,05	0,93
3	Бетонна основа	2400	0,2	1,86
4	Втрамбований ґрунт основи	-	-	-

Тоді,  $R_{\Sigma} = 0,05/0,93 + 0,2/1,86 = 0,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;

$$S = 2353,8 \text{ м}^2.$$

## 6. ЕНЕРГОПОТРЕБА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця енергопотребу для опалення  $Q_{H,nd}$ , Вт·год, за умови постійного опалення, розраховують за формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

де  $Q_{H,nd,cont}$  - енергопотреба для постійного опалення будівлі, Вт·год, повинна бути більше чи дорівнювати 0;

$Q_{H,ht}$  - сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт·год;

$Q_{H,gn}$  сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт·год;

$\eta_{H,gn}$  - безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

### Сумарна теплопередача ( $Q_{H,ht}$ )

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця сумарну теплопередачу

$Q_{H,ht}$ , Вт·год, визначають за формулою:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}$$

де  $Q_{tr}$  - сумарна теплопередача трансмісією, Вт·год;

$Q_{ve}$  - сумарна теплопередача вентиляцією, Вт·год.

Сумарну теплопередачу трансмісією  $Q_{tr}$ , Вт·год, розраховують для кожного місяця та для кожної зони за формулою:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t$$

де  $H_{tr,adj}$  - загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-ззовні,

$\theta_{int,Set,H}$  - задана температура зони будівлі для опалення, °С;

$\theta_e$  - середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

$t$  - тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год.

### 6.1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТРАНСМІСІЄЮ

Для розрахунку прийнято, що приведені опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій відповідає нормативним вимогам. Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією наведені в таблиці 9.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією  $H_{tr,adj}$ , Вт/К, розраховується за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_d + H_g + H_u + H_a$$

де  $H_d$  - безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

$H_g$  - стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;



$H_U$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через неконд. об’єми, Вт/К;  
 $H_A$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К., у даному випадку  $H_A=0$ .

$$H_x = b_{tr,x} \cdot \Sigma A_i \cdot U_i,$$

де  $A_i$  – площа і-го елемента оболонки будівлі,  $m^2$ ;

$U_i$  – коефіцієнт теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ , що становить  $U_i = 1/R_{\Sigma pri}$ ;

$R_{\Sigma pri}$  – опір теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі,  $m^2 \cdot K/Вт$ ;

$b_{tr,x}$  – поправочний коефіцієнт, що становить:

–  $b_{tr,x} = 1$  – при розрахунках  $H_D$ ;

–  $b_{tr,x} \neq 1$  при розрахунках  $H_g, H_U, H_A$  (визначається)

**Таблиця 9.** Характеристики теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища,  $H_a$ , Вт/К

№	Вид огорожувальної конструкції	$A_i, m^2$	$R_{\Sigma}, m^2 \cdot K/Вт$	$U, Вт/(m^2 \cdot K)$	$b_{tr,x,H}$	$b_{tr,x,C}$	$H_{a,H}$ Вт/К	$H_{a,C}$ Вт/К
1	Зовнішні стіни	2777,5	0,7	1,43	1	1	3971,8	3971,8
2	Суміщене покриття	2401,5	0,3	3,33	1	1	7997	7997
3	Світлопрозорі конструкції	1325,4	0,75	1,33	1	1	1762,8	1762,8
4	Вхідні двері	33,2	0,6	1,67	1	1	55,4	55,4
	<b><math>\Sigma</math></b>						<b>13787</b>	<b>13787</b>

**Теплопередача стаціонарного стану через ґрунт (опалювальний підвал)**

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

$$H_g = A \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw} + P \cdot \Psi_g$$

де  $A$  - площа підлоги, - 2142,4  $m^2$ ;

$U$  - коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ ;

$z$  - висота стін, що контактують з ґрунтом (нижче планувальної відмітки землі), 1,5 м;

$P$  - зовнішній периметр підлоги – 371,1 м;

$\Psi_g$  - лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції підлоги по ґрунту із зовнішньою стіною,  $Вт/(m \cdot K)$ ;

Визначаємо еквівалентну товщину підлоги згідно з формулою:

$$d_t = w + \lambda_g (R_{si} + R_f + R_{se}),$$

де  $w$  - загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;

$\lambda_g$  – теплопровідність ґрунту,

$R_{si}$  - тепловий внутрішній поверхневий опір для горизонтальних огорожувальних конструкцій,

$R_f$  - термічний опір підлоги включаючи всі шари,  $m^2 \cdot K/Вт$ ; (згідно розрахунку  $0,1 m^2 \cdot K/Вт$ )

$R_{se}$  - тепловий зовнішній поверхневий опір,  $0,043 m^2 \cdot K/Вт$ .

$$d_t = 0,5 + 2(0,17 + 0,2 + 0,043) = 1,3 \text{ м};$$

Характерний розмір підлоги згідно з формулою:

$$B' = A/0,5P = 2142,4/0,5 \cdot 371,1 = 11,5 \text{ м}$$

Так як  $d_t + 0,5 z < B'$  (неізолювана або посередньо ізолювана підлога):

$1,3 + 0,5 \cdot 1,5 = 2,1 < 11,5$  то коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту  $U$ ,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ , визначаємо за формулою:

$$U_{bf} = [2\lambda / (\pi B' + d_t + 0,5 z)] \ln (\pi B' / (d_t + 0,5 z) + 1),$$

де  $B'$  - характерний розмір підлоги;

$d_t$  - еквівалентна товщина підлоги;

$\lambda$  - теплопровідність ґрунту,  $Вт/(м \cdot K)$ .

$$U_{bf} = [2 \cdot 2 / (3,14 \cdot 11,5 + 2,1)] \ln((3,14 \cdot 11,5 / 2,1) + 1) = 0,3 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$$

Коефіцієнт теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом,  $U_{bw}$ ,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ , розраховують за формулою:

$$U_{bw} = [2\lambda / \pi z (1 + 0,5 d_t / d_w + z)] \ln (z/d_w + 1),$$

де  $d_w$  - еквівалентна сумарна товщина стін, що контактують з ґрунтом, розраховують за формулою:

$$d_w = \lambda_g (R_{si} + R_w + R_{se}) = 2 \cdot (0,115 + 0,2 + 0,043) = 0,7.$$

Так як  $d_w < d_t$ , то:

$$U_{bw} = [2 \cdot 2 / (3,14 \cdot 1,5) \cdot (1 + 0,5 \cdot 0,7 / (0,7 + 1,5))] \ln (1,5 / 0,7 + 1) = 1,1.$$

$$H_g = 2142,4 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 371,1 \cdot 1,1 + 371,1 \cdot 0,05 = 1273,6 \text{ Вт}/K$$

**Теплопередача стаціонарного стану через ґрунт (без підвалу)**

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

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \Psi_g$$

де  $A$  - площа підлоги,  $211,4 m^2$ ;

$U$  - коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ ;

$P$  - зовнішній периметр підлоги,  $96 \text{ м}$ ;

$\Psi_g$  - лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції підлоги по ґрунту із зовнішньою стіною,  $Вт/(м \cdot K)$ ;

Визначаємо еквівалентну товщину підлоги згідно з формулою:

$$d_t = w + \lambda_g (R_{si} + R_f + R_{se}),$$

де  $w$  - загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;

$\lambda_g$  – теплопровідність ґрунту, 2 Вт/(м·К);

$R_{si}$  - тепловий внутрішній поверхневий опір для горизонтальних огорожувальних конструкцій – 0,17 м<sup>2</sup>·К/Вт;

$R_f$  - термічний опір підлоги включаючи всі шари, м<sup>2</sup>·К/Вт; (згідно розрахунку 0,2 м<sup>2</sup>·К/Вт);

$R_{se}$  - тепловий зовнішній поверхневий опір, 0,043 м<sup>2</sup>·К/Вт.

$$d_t = 0,5 + 2(0,17 + 0,2 + 0,043) = 1,3 \text{ м};$$

Характерний розмір підлоги згідно з формулою:

$$B' = A/0,5P = 211,4/(0,5 \cdot 96) = 4,4 \text{ м}.$$

Так як  $d_t < B'$  (неізолювана або посередньо ізолювана підлога):

1,3 < 4,4, то коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту  $U$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), визначаєм за формулою:

$$U = [2\lambda / (\pi B' + d_t)] \ln ((\pi B' / d_t) + 1),$$

де  $B'$  - характерний розмір підлоги;

$d_t$  - еквівалентна товщина підлоги;

$\lambda$  - теплопровідність ґрунту, 2 Вт/ (м·К).

$$U = [2 \cdot 2 / (3,14 \cdot 4,4 + 1,3)] \ln((3,14 \cdot 4,4 / 1,3) + 1) = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$N_g = 211,4 \cdot 0,6 + 96 \cdot 0,05 = 131,6 \text{ Вт}/\text{К}$$

$$N_{g, \text{загал}} = 1273,6 + 131,6 = 1405,2 \text{ Вт}/\text{К}$$

**Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією:**

$$N_{tr, \text{adj}, H} = N_d + N_g = 13787 + 1405,2 = 15192,2 \text{ Вт}/\text{К}$$

$$N_{tr, \text{adj}, C} = N_d + N_g = 13787 + 1405,2 = 15192,2 \text{ Вт}/\text{К}$$

Сумарна теплопередача для опалення трансмісією розрахована згідно з формулою

$Q_{tr} = N_{tr, \text{adj}} \cdot (\theta_{\text{int}, H, \text{set}} - \theta_e) \cdot t$  та для кожного місяця і приведена в таблиці 10.

**Таблиця 10.** Сумарна теплопередача трансмісією

Місяць року	$N_{tr, \text{adj}}, \text{Вт}/\text{К}$	$\theta_{\text{int}, H, \text{set}}, \text{°C}$	$\theta_e, \text{°C}$	$t, \text{год}$	$Q_{tr}, \text{кВт} \cdot \text{год}$
січень	15192,2	20	-5,1	744	283705,2
лютий	15192,2	20	-3,8	672	242978
березень	15192,2	20	0,5	744	220408,4
квітень	15192,2	20	8,1	720	130166,8
травень	15192,2	20	14,2	744	65557,4
червень	15192,2	20	17,2	720	30627,5
липень	15192,2	20	18,7	744	14693,9

серпень	15192,2	20	18	744	22606
вересень	15192,2	20	13,3	720	73287,2
жовтень	15192,2	20	7,6	744	140157,2
листопад	15192,2	20	1,8	720	199078,6
грудень	15192,2	20	-2,9	744	258838,6

## 6.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ

Для розрахунку прийнято, що система вентиляції будівлі відповідає вимогам ДБН В.2.5-67. Вентиляція в будинку припливно-витяжна природним спонуканням.

Площа основних приміщень  $A_{\text{ф}} = 4494,4 \text{ м}^2$ .

Площа приміщень загального використання  $A_{\text{ф}} = 2553,2 \text{ м}^2$ .

Сумарна теплопередача вентиляцією для опалення визначається за формулою:

$$Q_{\text{ve,H}} = N_{\text{ve,adj,H}} (\theta_{\text{int,set,H}} - \theta_{\text{e}}) \cdot t,$$

де  $N_{\text{ve,adj,H}}$  - загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією для опалення, Вт/(К·год);

$\theta_{\text{int,set,H}}$  - задана температура зони будівлі для опалення, °С;

$\theta_{\text{e}}$  - середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

$t$  - тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год,;

Загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією

$$N_{\text{ve,adj,H}} = \text{ра са} (q_{\text{ve,mn,H}} \cdot b_{\text{ve,H}} + q_{\text{inf,mn,H}});$$

де  $\text{ра са}$  - теплоємність одиниці об'єму повітря, дорівнює  $0,336 \text{ Вт} \cdot \text{год}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$q_{\text{ve,mn,H}}$  - усереднена за часом витрата повітря для вентиляції для опалення,  $\text{м}^3/\text{год}$

$b_{\text{ve,H}}$  - температурний поправочний коефіцієнт, що коригує коефіцієнт теплопередачі вентиляцією замість різниці температур у випадках, коли температура припливного повітря не дорівнює температурі зовнішнього середовища (а саме за наявності утилізування теплоти),

$q_{\text{inf,mn,H}}$  - усереднена за часом витрата повітря для інфільтрації для опалення,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

$$q_{\text{ve,mn,H}} = q_{\text{ve,H}} \cdot t_{\text{ve,H}} / 168,$$

де  $q_{\text{ve,H}}$  - нормативні витрати вентиляційного повітря для опалення,  $\text{м}^3/\text{год}$

$t_{\text{ve,H}}$  - період використання нормативної витрати вентиляційного повітря для опалення, год/тиждень

Питомі витрати повітря для основних приміщень –  $2,4 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$ ;

Питомі витрати повітря для приміщень загального користування –  $0,7 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$ .

$q_{\text{ve,осн.прим.}} = (2,4/1000) \cdot 60 \cdot 60 \text{ м}^3/\text{год}/\text{м}^2 = 8,64 \cdot 4494,4 = 38831,6 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

$q_{\text{ve,загал.кор.}} = (0,7/1000) \cdot 60 \cdot 60 \text{ м}^3/\text{год}/\text{м}^2 = 2,52 \cdot 2553,2 = 6434,1 \text{ м}^3/\text{год}$ .

$$q_{ve, mn, \text{осн.прим}} = 38831,6 \cdot 50 / 168 = 11557 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

$$q_{ve, mn, \text{загал. кор.}} = 6434,1 \cdot 50 / 168 = 1914,9 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

$$q_{ve, mn} = 11557 + 1914,9 = 13471,9 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

Усреднена за часом витрата повітря для інфільтрації розраховується за формулою:

$$q_{inf, mn, H} = n_{inf, H} V_{ve} v_v t_{inf, H} / 168,$$

де  $n_{inf, H}$  – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації, год<sup>-1</sup>;

$V_{ve}$  – об'єм зони, призначений для вентиляції;

$v_v$  – коефіцієнт зниження об'єму повітря в будівлі, яким враховують наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій,  $v_v = 0,85$ ;

$t_{inf, H}$  – період використання витрати повітря для інфільтрації для періодів опалення, год.

$$n_{inf, H} = \sum q_{inf, m, H} / (V_{ve} v_v)$$

де  $q_{inf, m, H}$  – приведені витрати повітря через оболонку будівлі, що орієнтована на m-ну сторону світу для опалення, м<sup>3</sup>/год

$$q_{inf, m, H} = Q_{100, s, m} ((a_{inf, se} (\Delta P_{gr, m, H} + F_{e, seas, m, H} \Delta P_{wd, m, H}) / 100)^{\frac{2}{3}}$$

$Q_{100, s, m}$  – повітропроникність через отвори (віконні, дверні) в стінових конструкціях будівлі, орієнтованих на відповідну сторону світу під час перепаду тиску зовні та всередині будівлі 100 Па, м<sup>3</sup>/год;

$\Delta P_{gr, m, H}$  – перепад гравітаційного тиску зовні та всередині будівлі для опалення, Па;

$\Delta P_{wd, m, H}$  – перепад вітрового тиску зовні та всередині будівлі для опалення, Па;

$F_{e, seas, m, H}$  – повторюваність напрямку вітру за січень відповідно за сторонами світу;

$a_{inf, se}$  – надбавковий коефіцієнт, що враховує витрату повітря через глухі стінові конструкції оболонки будівлі.  $a_{inf, se} = 1,1$ .

Перепад гравітаційного тиску зовні та всередині будівлі для опалення розраховують за формулою:

$$\Delta P_{gr, m, H} = 0,5 Z_{se, m} (\gamma_{e, seas, H} - \gamma_{int, set, H}),$$

де  $Z_{se, m}$  – висота будівлі від нижнього рівня опалювального об'єму (чи ґрунту за наявності опалювального цокольного поверху) до верхнього рівня опалювального об'єму, м;

$\gamma_{e, seas, H}$ ,  $\gamma_{int, set, H}$  – питома вага відповідно зовнішнього і внутрішнього повітря для періоду опалення, Н/м<sup>3</sup>, яку розраховують за формулами:

$$\gamma_{e, seas, H} = 3463 / (273 + \theta_{e, seas, H}),$$

$$\gamma_{int, set, H} = 3463 / (273 + \theta_{int, set, H}),$$

де  $\theta_{e, \text{seas}, H}$  – середню температуру зовнішнього повітря за період із середньодобовою температурою повітря  $\leq 8$  °C (або  $\leq 10$  °C для будівель закладів освіти, дошкільної освіти та закладів охорони здоров'я), °C

$$\gamma_{e, \text{seas}, H} = 3463 / (273 + 0,6) = 12,7 \text{ Н/м}^3.$$

$$\gamma_{\text{int, set}, H} = 3463 / (273 + 20) = 11,8 \text{ Н/м}^3.$$

$$\Delta P_{\text{gr}, m, H} = 0,5 \cdot 6,23(12,7 - 11,8) = 2,8 \text{ Па.}$$

Перепад вітрового тиску розраховують для середньої швидкості вітру за січень за відповідною стороною світу визначають за формулою:

$$\Delta P_{\text{wd}, m, H} = 0,03 \gamma_{e, \text{seas}, H} \beta_{v, m} v_{e, \text{seas}, m, H}^2,$$

де  $v_{e, \text{seas}, m, H}$  – середня швидкість вітру за січень за сторонами світу;

$\beta_{v, m}$  – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі.

$$\Delta P_{\text{wd}, m, H(\text{Пн}, \text{ПнCx})} = 0,03 \cdot 12,7 \cdot 0,54 \cdot 3,8^2 = 3,0 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{wd}, m, H(\text{Cx}, \text{ПдCx})} = 0,03 \cdot 12,7 \cdot 0,54 \cdot 3,2^2 = 2,1 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{wd}, m, H(\text{Пд}, \text{Пд3x})} = 0,03 \cdot 12,7 \cdot 0,54 \cdot 3,4^2 = 2,4 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{wd}, m, H(\text{3x}, \text{Пн3x})} = 0,03 \cdot 12,7 \cdot 0,54 \cdot 4,7^2 = 4,6 \text{ Па}$$

Повітропроникність через отвори в стінових конструкціях будівлі орієнтованих на відповідну сторону світу під час перепаду тиску зовні та всередині будівлі 100 Па, м<sup>3</sup>/год, визначають за формулою:

$$Q_{100, s, m} = \Sigma Q_{100} A_{i, m},$$

де  $A_{i, m}$  – площа і-го елемента оболонки, орієнтованого на m-ну сторону світу;

$Q_{100}$  – показник повітропроникності для відповідного типу конструкції, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год).

$$Q_{100, s, m} = 9 \cdot (635,6 + 109,6 + 512,4 + 101) = 12227 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{Тоді } q_{\text{inf}, m, H(\text{Пн}, \text{ПнCx})} = 12227 (1,1(2,8 + 0,077 \cdot 3,0)) / 100^{\frac{2}{3}} = 1266,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$q_{\text{inf}, m, H(\text{Cx}, \text{ПдCx})} = 12227 (1,1(2,8 + 0,094 \cdot 2,1)) / 100^{\frac{2}{3}} = 1257,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$q_{\text{inf}, m, H(\text{Пд}, \text{Пд3x})} = 12227 (1,1(2,8 + 0,142 \cdot 2,4)) / 100^{\frac{2}{3}} = 1297 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$q_{\text{inf}, m, H(\text{3x}, \text{Пн3x})} = 12227 (1,1(2,8 + 0,184 \cdot 4,5)) / 100^{\frac{2}{3}} = 1427,9 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації:

$$n_{\text{inf}, H} = (1266,6 + 1257,3 + 1297 + 1427,9) / (25228,5 \cdot 0,85) = 0,2 \text{ год}^{-1}$$

Усереднена за часом витрата повітря за рахунок інфільтрації:

$$q_{\text{inf}, mn, H} = 0,2 \cdot 25228,5 \cdot 0,85 \cdot (168 - 50) / 168 = 3012,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

Загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією:

$$H_{ve, \text{adj}} = 0,336(13471,9 \cdot 1 + 3012,4) = 5538,7 \text{ Вт/К}$$

Сумарна теплопередача вентиляцією розрахована трансмісією згідно з формулою  $Q_{ve} = H_{ve, \text{adj}}(\theta_{\text{int, set}, H} - \theta_e) \cdot t$  та для кожного місяця і приведена в таблиці 12.

**Таблиця 12.** Сумарна теплопередача вентиляцією

Місяць року	$H_{ve, adj}$ , кВт/К	$\theta_{int, H, set}$ , °C	$\theta_e$ , °C	t, год	$Q_{ve}$ , Вт·год
січень	5538,7	20	-5,1	744	103431,9
лютий	5538,7	20	-3,8	672	88583,8
березень	5538,7	20	0,5	744	80355,5
квітень	5538,7	20	8,1	720	47455,6
травень	5538,7	20	14,2	744	23900,6
червень	5538,7	20	17,2	720	11166
липень	5538,7	20	18,7	744	5357
серпень	5538,7	20	18	744	8241,6
вересень	5538,7	20	13,3	720	26718,7
жовтень	5538,7	20	7,6	744	51097,8
листопад	5538,7	20	1,8	720	72579,1
грудень	5538,7	20	-2,9	744	94366,2

Сумарна теплопередача розрахована згідно з формулою  $Q_{n, ht} = Q_{tr} + Q_{ve}$  та приведені в таблиці 13.

**Таблиця 13.** Сумарна теплопередача

Місяць року	$Q_{ve}$ , кВт·год	$Q_{tr}$ , кВт·год	$Q_{n, ht}$ , кВт·год
січень	103431,9	283705,2	387137,1
лютий	88583,8	242978	331561,8
березень	80355,5	220408,4	300763,9
квітень	47455,6	130166,8	177622,4
травень	23900,6	65557,4	89458
червень	11166	30627,5	41793,5
липень	5357	14693,9	20050,9
серпень	8241,6	22606	30847,6
вересень	26718,7	73287,2	100005,9
жовтень	51097,8	140157,2	191255
листопад	72579,1	199078,6	271657,7
грудень	94366,2	258838,6	353204,8

### 6.3 ТЕПЛОВІ НАДХОДЖЕННЯ

Сумарні теплові надходження  $Q_{gn}$ , Вт·год, для кожного місяця визначають за формулою:

$$Q_{n, gn} = Q_{int} + Q_{sol},$$

де  $Q_{int}$  - сума внутрішніх теплонадходжень протягом даного періоду, Вт·год,

$Q_{sol}$  - сума сонячних теплонадходжень протягом даного періоду, Вт·год.

### Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі

До уваги прийняті наступні теплонадходження: внутрішній тепловий потік від людей, внутрішній тепловий потік від обладнання, внутрішній тепловий потік від освітлення. Відповідно загальна сумарна величина усередненого теплового потоку приймається:

$$Q_{int} = \frac{N}{168} \cdot \frac{N_m - N_{m,noc}}{N_m} (\sum \Phi_{int,mn,k} \cdot A_{f,k}) \cdot t + Q_{W,dis,rbl,m},$$

де  $N$  – графік використання, год/тиждень;

$N_m$  – кількість днів у відповідному місяці;

$N_{m,noc}$  - кількість днів невикористання;

$\Phi_{int,mn,k}$  - усереднена за часом щільність теплового потоку від  $k$ -го внутрішнього джерела, Вт/м<sup>2</sup>;

$A_{f,k}$  - кондиціонована площа зони будівлі, м<sup>2</sup>;

$Q_{W,dis,rbl}$  – утилізаційні регулярні тепловтрати, Вт·год, у даному випадку  $Q_{W,dis,rbl} = 0$ ;

$t$  - тривалість місяця, для якого проводять розрахування, год.

$$\sum \Phi_{int} = \Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,L} + \Phi_{int,A}$$

За типовим графіком використання приймаємо:

для навчальних закладів:

- метаболічна теплота ( $\Phi_{int,Oc}$ ) – 7 Вт/м<sup>2</sup>;

- освітлення ( $\Phi_{int,L}$ ) – 7 Вт/м<sup>2</sup>;

- обладнання ( $\Phi_{int,A}$ ) - 6 Вт/м<sup>2</sup>.

$$\sum \Phi_{int} = 7 + 7 + 6 = 20 \text{ Вт/м}^2.$$

$$\frac{N}{168} \cdot \Phi_{int} \cdot A_f = \frac{50}{168} \cdot 20 \cdot 7515 = 44732,1 \text{ Вт.}$$

Сумарні тепло надходження від внутрішніх теплових джерел розраховані згідно з формулою  $Q_{int} = (\sum \Phi_{int} \cdot A_f) \cdot t$  та для кожного місяця і приведені в таблиці 14.

**Таблиця 14.** Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел

Місяць року	t, год	$\frac{N}{168} \cdot \sum \Phi_{int} \cdot A_f$	$N_m$	$N_{m,noc}$	$Q_{int}, \text{кВт} \cdot \text{год}$
січень	744	44732,1	31	2	31133,5
лютий	672	44732,1	28	0	30060
березень	744	44732,1	31	1	32207,1
квітень	720	44732,1	30	1	31133,5
травень	744	44732,1	31	3	30060
червень	720	44732,1	30	2	30060



липень	744	44732,1	31	22	9662,1
серпень	744	44732,1	31	22	9662,1
вересень	720	44732,1	30	0	32207,1
жовтень	744	44732,1	31	1	32207,1
листопад	720	44732,1	30	0	32207,1
грудень	744	44732,1	31	1	32207,1

### Сонячні теплонадходження

Теплонадходження від сонця до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця  $Q_{sol}$ , Вт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{sol} = (\sum \Phi_{sol,mn,k}) \cdot t,$$

де  $\Phi_{sol,mn,k}$  – усереднений за часом тепловий потік від k-го джерела сонячного випромінювання, Вт;

t – тривалість місяця, год.

Сонячні теплонадходження через елементи будівлі:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}$$

де  $F_{sh, ob, k}$  - понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k-ої поверхні, у даному випадку =1

$A_{sol,,k}$  - еквівалентна площа інсоляції k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м<sup>2</sup>.

$I_{sol,,k}$  - сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м<sup>2</sup>.

Середньомісячна сонячна радіація на відповідні площини приведена в таблиці.

$F_{r, k}$  - коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають:

$F_r=1$  – для незатіненого горизонтального даху,  $F_r=0,5$  – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$  – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k-го елемента будівлі, Вт.

Еквівалентна площа інсоляції застекленого елемента:

$$A_{sol,w} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1-FF) \cdot A_{w,p}$$

де  $F_{sh,gl}$  - понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів;

$g_{gl}$  - загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента;

$F_F$  - частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції застекленого елемента,  $FF=0,3$  для віконних та дверних блоків;

$A_{w,p}$  - загальна площа проекції зашкленого елемента, м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт пропускання сонячної енергії ( $g_{gl}$ ):  $g_{gl} = F_w \cdot g_n$ ,

де  $F_w$  - поправочний коефіцієнт для нерозсіювального скління:  $F_w = 0,90$ .

$g_n$  - коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння для поширених типів скління,  $g_n = 0,75$ .

$$g_{gl} = 0,75 \cdot 0,9 = 0,68$$

Площа світлопрозорих конструкцій згідно з проектними даними становить:

- на Пн, ПнСх фасаді -  $A_{w, Пн, ПнСх} = 99,1 \text{ м}^2$ ;

- на Сх, ПдСх фасаді -  $A_{w, Сх, ПдСх} = 631,9 \text{ м}^2$ ;

- на Пд, ПдЗх фасаді -  $A_{w, Пд, ПдЗх} = 107,5 \text{ м}^2$ ;

- на Зх, ПнЗх фасаді -  $A_{w, Зх, ПнЗх} = 501,9 \text{ м}^2$ ;

$$A_{sol,w,(Пн,ПнСх)} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1-F_F) \cdot A_{w,p} = 1 \cdot 0,68 \cdot (1-0,3) \cdot 99,1 = 47,2 \text{ м}^2$$

$$A_{sol,w,(Сх,ПдСх)} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1-F_F) \cdot A_{w,p} = 1 \cdot 0,68 \cdot (1-0,3) \cdot 631,9 = 300,8 \text{ м}^2$$

$$A_{sol,w,(Пд,ПдЗх)} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1-F_F) \cdot A_{w,p} = 1 \cdot 0,68 \cdot (1-0,3) \cdot 107,5 = 51,2 \text{ м}^2$$

$$A_{sol,w,(Зх,ПнЗх)} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1-F_F) \cdot A_{w,p} = 1 \cdot 0,68 \cdot (1-0,3) \cdot 501,9 = 238,9 \text{ м}^2$$

Сонячні теплонадходження розрахованні згідно формули  $\Phi_{sol,w} = F_{sh,w} \cdot A_{sol,w} \cdot I_{sol,w}$  та для кожного місяця приведені в таблиці 15.

У випадку відсутності засобів рухомого затінення  $F_{sh,gt} = 1$ .

**Таблиця 15.** Сонячні теплонадходження через вікна

Місяць року	$I_{sol}$ , Вт/м <sup>2</sup>				$A_{sol,w}$				$\Phi_{sol,w}$				$\Sigma \Phi_{sol,w}$
	Пн, ПнСх	Сх, ПдСх	Пд, ПдЗх	Зх, ПнЗх	Пн, ПнСх	Сх, ПдСх	Пд, ПдЗх	Зх, ПнЗх	Пн, ПнСх	Сх, ПдСх	Пд, ПдЗх	Зх, ПнЗх	
січень	14,5	29,5	43,2	18,7	47,2	300,8	51,2	238,9	684,4	8873,6	2211,8	4467,4	16237,2
лютий	23,1	45,7	62,7	30,1	47,2	300,8	51,2	238,9	1090,3	13746,6	3210,2	7190,9	25238
березень	37,2	66,1	81,3	48,9	47,2	300,8	51,2	238,9	1755,8	19882,9	4162,6	11682,2	37483,5
квітень	45,9	81,5	85,4	60,3	47,2	300,8	51,2	238,9	2166,5	24515,2	4372,5	14405,7	45459,9
травень	65,3	100,6	97,3	77,5	47,2	300,8	51,2	238,9	3082,2	30260,5	4981,8	18514,8	56839,3
червень	72,1	102,3	93,9	88,5	47,2	300,8	51,2	238,9	3403,1	30771,8	4807,7	21142,7	60125,3
липень	70,2	102,4	94,7	87,3	47,2	300,8	51,2	238,9	3313,4	30801,9	4848,6	20856	59819,9
серпень	54,2	99,2	100,6	72,7	47,2	300,8	51,2	238,9	2558,2	29839,4	5150,7	17368	54916,3
вересень	34,9	81,2	96,7	52,7	47,2	300,8	51,2	238,9	1647,3	24425	4951	12590	43613,3
жовтень	20,6	53,3	71,5	29,4	47,2	300,8	51,2	238,9	972,3	16032,6	3660,8	7023,7	27689,4
листопад	10,5	25,5	36,7	14,3	47,2	300,8	51,2	238,9	495,6	7670,4	1879	3416,3	13461,3
грудень	10	21,4	31,3	12,3	47,2	300,8	51,2	238,9	472	6437,1	1602,6	2938,5	11450,2

### Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі.

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі  $A_{sol}$ ,  $m^2$ , розраховують за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c,$$

де  $\alpha_{s,c}$  - безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною;  $\alpha_{s,c}=0,4$  для штукатурки,  $\alpha_{s,c}=0,8$  для плитки облицювальної,  $\alpha_{s,c}=0,9$  для суміщеного покриття;

$R_{se}$  - тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини,  $m^2 K/Вт$ , приймають  $0,043 m^2 K/Вт$ ;

$U_c$  - коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ ;

$A_c$  - площа проекції непрозорої частини,  $m^2$ .

### Теплове випромінювання в атмосферу.

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі  $\Phi_r$ ,  $Вт$ , визначають за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta \theta_{er},$$

де  $R_{se}$  - тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини,  $m^2 \cdot K/Вт$ , приймають  $0,043 m^2 \cdot K/Вт$ ;

$U_c$  - коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ ;

$A_c$  - площа проекції елемента,  $m^2$ ;

$h_r$  - коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ ;

$\Delta \theta_{er}$  - середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери,  $^{\circ}C$ , для помірних широт приймають  $= 11 K$ .

$$U_c = 1/R_{стін} = 1/0,7 = 0,15 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K);$$

$$U_{сум.. покрит.} = 1/R_{покрит.} = 1/0,3 = 3,33 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K).$$

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні  $h_r$ ,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ :

$$h_r = 4\varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3,$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огороження;

$\varepsilon = 0,93$  для стін,  $\varepsilon = 0,9$  для покрівлі;

$\sigma$  - стала Стефана-Больцмана  $= 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(m^2 \cdot K^4)$ ;

$\theta_{ss}$  - середньо арифметичне значення поверхневої температури та температури атмосфери,  $^{\circ}C$

Коефіцієнт теплопередачі розрахований згідно формули  $h_r = 4\varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3$  та для кожного місяця приведений в таблиці 16.

**Таблиця 16.** Коефіцієнт теплопередачі

Місяць року	$\sigma$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> )	$\varepsilon$		$\theta_{ss}$ , °С	$h_r$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	
		стіни	покрівля		стіни	покрівля
січень	5,67 · 10 <sup>-8</sup>	0,93	0,9	-5,1	4,1	3,9
лютий				-3,8	4,1	4
березень				0,5	4,3	4,2
квітень				8,1	4,7	4,5
травень				14,2	5	4,8
червень				17,2	5,2	5
липень				18,7	5,2	5,1
серпень				18	5,2	5
вересень				13,3	4,9	4,8
жовтень				7,6	4,7	4,5
листопад				1,8	4,4	4,2
грудень				-2,9	4,2	4

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання розраховується за формулою  $\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta \theta_{er}$  та по кожному місяцю приведений в таблиці 17.

**Таблиця 17.** Теплове випромінювання (стіни та покрівля)

Місяць року	$R_{se}$ , м <sup>2</sup> К/Вт	$U_c$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)		$A_c$ , м <sup>2</sup>		$h_r$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)		$\Delta \theta_{er}$ , °С	$\Phi_r$ , Вт	
		Стіни	Сум. покриття	Стіни	Сум. покриття	Стіни	Сум. покриття		Стіни	Сум. покриття
січень	0,043	1,43	3,33	2777,5	2401,5	4,1	3,9	11	7702,6	14752
лютий						4,1	4		7702,6	15130
березень						4,3	4,2		8078,3	15887
квітень						4,7	4,6		8829,8	17022
травень						5	4,9		9393,4	18156
червень						5,2	5		9769,1	18913
липень						5,3	5,1		9769,1	19291
серпень						5,3	5,1		9769,1	18913
вересень						5	4,8		9205,5	18156
жовтень						4,7	4,5		8829,8	17022
листопад						4,4	4,2		8266,2	15887
грудень						4,2	4		7890,4	15130

Площа непрозорих елементів згідно з проектними даними становить:

1-стіни оздоблені декоративною штукатуркою

2-стіни оздоблені облицювальною плиткою

– на Пн,ПнСх1 фасаді–  $A_{W, Пн,ПнСх} = 79,6 \text{ м}^2$ ;

– на Пн,ПнСх2 фасаді–  $A_{W, Пн,ПнСх} = 364,2 \text{ м}^2$ ;

– на Сх,ПдСх2 фасаді–  $A_{W, Сх,ПдСх} = 934,8 \text{ м}^2$ ;

– на Пд,ПдЗх1 фасаді–  $A_{W, Пд,ПдЗх} = 79,1 \text{ м}^2$ ;

– на Пд,ПдЗх2 фасаді–  $A_{W, Пд,ПдЗх} = 334,4 \text{ м}^2$ ;

– на Зх,ПнЗх1 фасаді–  $A_{W, Зх,ПнЗх} = 52,5 \text{ м}^2$ .

– на Зх,ПнЗх2 фасаді–  $A_{W, Зх,ПнЗх} = 932,9 \text{ м}^2$ .

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів  $A_{sol(стіни)}$  розрахована за формулою  $A_{sol,w} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c$ . При цьому, безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною становить:  $\alpha_{S,штп} = 0,4$  для штукатурки,  $\alpha_{S,штп} = 0,8$  для штукатурки;  $R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ,  $U_c = 1,43 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

$$A_{sol,c(Пн,ПнСх1)} = 0,4 \cdot 0,043 \cdot 1,43 \cdot 79,6 = 2 \text{ м}^2$$

$$A_{sol,c(Пн,ПнСх2)} = 0,8 \cdot 0,043 \cdot 1,43 \cdot 364,2 = 17,9 \text{ м}^2$$

$$A_{sol,c(Сх,ПдСх2)} = 0,8 \cdot 0,043 \cdot 1,43 \cdot 934,8 = 46 \text{ м}^2$$

$$A_{sol,c(Пд,ПдЗх1)} = 0,4 \cdot 0,043 \cdot 1,43 \cdot 79,1 = 1,9 \text{ м}^2$$

$$A_{sol,c(Пд,ПдЗх2)} = 0,8 \cdot 0,043 \cdot 1,43 \cdot 334,4 = 16,4 \text{ м}^2$$

$$A_{sol,c(Зх,ПнЗх1)} = 0,4 \cdot 0,043 \cdot 1,43 \cdot 52,5 = 1,3 \text{ м}^2$$

$$A_{sol,c(Зх,ПнЗх2)} = 0,8 \cdot 0,043 \cdot 1,43 \cdot 932,9 = 45,9 \text{ м}^2$$

**Таблиця 18.** Сонячні теплонадходження через непрозорі елементи (стіни)

Місяць року	$I_{sol}, \text{Вт}/\text{м}^2$				$A_{sol,w}$				$\Phi_{sol,w}$				$\Sigma \Phi_{sol,w}$
	Пн,ПнСх	Сх,ПдСх	Пд,ПдЗх	Зх,ПнЗх	Пн,ПнСх	Сх,ПдСх	Пд,ПдЗх	Зх,ПнЗх	Пн,ПнСх	Сх,ПдСх	Пд,ПдЗх	Зх,ПнЗх	
січень	14,5	29,5	43,2	18,7	19,9	46	18,3	47,2	288,6	1357	790,6	882,6	3318,8
лютий	23,1	45,7	62,7	30,1	19,9	46	18,3	47,2	459,7	2102,2	1147,4	1420,7	5130
березень	37,2	66,1	81,3	48,9	19,9	46	18,3	47,2	740,3	3040,6	1487,8	2308,1	7576,8
квітень	45,9	81,5	85,4	60,3	19,9	46	18,3	47,2	913,4	3749	1562,8	2846,2	9071,4
травень	65,3	100,6	97,3	77,5	19,9	46	18,3	47,2	1299,5	4627,6	1780,6	3658	11365,7
червень	72,1	102,3	93,9	88,5	19,9	46	18,3	47,2	1434,8	4705,8	1718,4	4177,2	12036,2
липень	70,2	102,4	94,7	87,3	19,9	46	18,3	47,2	1397	4710,4	1733	4120,6	11961

серпень	54,2	99,2	100,6	72,7	19,9	46	18,3	47,2	1078,6	4563,2	1841	3431,4	10914,2
вересень	34,9	81,2	96,7	52,7	19,9	46	18,3	47,2	694,5	3735,2	1769,6	2487,4	8686,7
жовтень	20,6	53,3	71,5	29,4	19,9	46	18,3	47,2	409,9	2451,8	1308,5	1387,7	5557,9
листопад	10,5	25,5	36,7	14,3	19,9	46	18,3	47,2	209	1173	671,6	675	2728,6
грудень	10	21,4	31,3	12,3	19,9	46	18,3	47,2	199	984,4	572,8	580,6	2336,8

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів  $A_{sol}$  розрахована за формулою  $A_{sol} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c$ . При цьому, безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації становить:  $\alpha_{S,c}=0,9$ ,  $R_{se}=0,043 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ ,  $U_c=3,33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $A_c = 2401,5 \text{ м}^2$

$$A_{sol} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c = 0,9 \cdot 0,043 \cdot 3,33 \cdot 2401,5 = 309,5 \text{ м}^2$$

**Таблиця 19.** Сонячні теплонадходження через непрозорі елементи (покрівлі)

Місяць року	$A_{sol}, \text{м}^2$	$I_{sol}, \text{Вт}/\text{м}^2$	$A_{sol} \cdot I_{sol} \cdot F_{r,k}$
січень	309,5	34	10523
лютий		59	18260,5
березень		99	30640,5
квітень		145	44877,5
травень		202	62519
червень		215	66542,5
липень		207	64066,5
серпень		180	55710
вересень		133	41163,5
жовтень		75	23212,5
листопад		33	10213,5
грудень		24	7428

**Таблиця 20.** Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання

Місяць року	$\Phi_{r,k}$		$F_{r,k}$		$F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}$	
	стіни	покрівля	стіни	покрівля	стіни	покрівля
січень	7702,6	14752,1	0,5	1	3851,3	14752,1
лютий	7702,6	15130,3			3851,3	15130,3
березень	8078,3	15886,8			4039,2	15886,8
квітень	8829,8	17021,6			4414,9	17021,6
травень	9393,4	18156,4			4696,7	18156,4
червень	9769,1	18912,9			4884,6	18912,9
липень	9769,1	19291,2			4884,6	19291,2
серпень	9769,1	18912,9			4884,6	18912,9

вересень	9205,5	18156,4			4602,8	18156,4
жовтень	8829,8	17021,6			4414,9	17021,6
листопад	8266,2	15886,8			4133,1	15886,8
грудень	7890,4	15130,3			3945,2	15130,3

Сонячні теплонадходження через елементи будівлі розраховуються за формулою

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k} \text{ та приведені в таблиці 21.}$$

Теплонадходження від сонця до зони будівлі  $W_{tгод}$ , розраховані за формулою

$$Q_{sol} = (\sum \Phi_{sol,mn,k}) \cdot t \text{ та приведені в таблиці 21.}$$

**Таблиця 21.** Теплонадходження від сонця

Місяць року	$\sum \Phi_{sol,w}$ , Вт			$(F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k})$ , Вт		$\Phi_{sol,k}$ , Вт	t, год	$Q_{sol}$ , кВт·год
	вікна	стіни	покрівля	стіни	покрівля			
січень	16237,2	3318,8	10523	3851,3	14752,1	11475,6	744	8537,8
лютий	25238	5130	18260,5	3851,3	15130,3	29646,9	672	19922,7
березень	37483,5	7576,8	30640,5	4039,2	15886,8	55774,8	744	41496,5
квітень	45459,9	9071,4	44877,5	4414,9	17021,6	77972,3	720	56140,1
травень	56839,3	11365,7	62519	4696,7	18156,4	107870,9	744	80255,9
червень	60125,3	12036,2	66542,5	4884,6	18912,9	114906,5	720	82732,7
липень	59819,9	11961	64066,5	4884,6	19291,2	111671,6	744	83083,7
серпень	54916,3	10914,2	55710	4884,6	18912,9	97743	744	72720,8
вересень	43613,3	8686,7	41163,5	4602,8	18156,4	70704,3	720	50907,1
жовтень	27689,4	5557,9	23212,5	4414,9	17021,6	35023,3	744	26057,3
листопад	13461,3	2728,6	10213,5	4133,1	15886,8	6383,5	720	4596,1
грудень	11450,2	2336,8	7428	3945,2	15130,3	2139,5	744	1591,8

#### 6.4 ДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ

Часова константа будівлі характеризує внутрішню теплову інерцію будівлі

$$C_m = C \cdot A_f,$$

Будівля є важкою, відповідно внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить  $C = 80 \text{ Вт} \cdot \text{год} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

$$C_m = 80 \cdot 7515 = 601200 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{К}$$

Часова константа будівлі,  $\tau$ , год:

$$\tau = C_m / (H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}),$$

де  $H_{tr,adj}$  - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К

$H_{ve,adj}$  - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К

$H_{ve,extra,adj}$  - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції від нічного та/або природного охолодження, Вт/К.

$$\tau = 601200 / (15192,2 + 5538,7) = 29,0 \text{ год.}$$

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення  $\eta_{n,gn}$  - це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти  $\gamma_n$ , та числового параметра  $a_n$ , який залежить від інерції будівлі. Розраховано за формулами для кожного місяця.

Безрозмірний числовий параметр  $a_n$ :

$$a_n = a_{n,0} + (\tau / \tau_{n,0}) = 1 + (29,0 / 15) = 2,9.$$

де  $a_{n,0}$  - довідковий безрозмірний числовий параметр, що приймають рівним 1,0;

$\tau$  - часова константа зони будівлі, год,

$\tau_{n,0}$  - довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год.

## 6.5 ВНУТРІШНІ УМОВИ

Задана температура на опалення будівлі становить  $\theta_{int,set,H} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Задана температура на охолодження будівлі становить  $\theta_{int,set,C} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$

## 6.6 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОПОТРЕБИ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ

Розрахунок енергопотребы для опалення виконаний згідно з формулою  $Q_{n,nd} = Q_{n,d,cont} = Q_{n,h,t} - \eta_{n,gn} Q_{n,g,n}$  для кожного місяця, наведений в таблиці 22.

Безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення визначається за формулою:

$$\gamma_n = Q_{n,g,n} / Q_{n,h,t},$$

якщо  $\gamma_n > 0$ , то  $\eta_{n,gn} = 1 - \gamma_n^{a_n} / (1 - \gamma_n^{a_n+1})$

якщо  $\gamma_n < 0$ , та  $Q_{n,g,n} > 0$ , то  $\eta_{n,gn} = 1 / \gamma_n$

Сумарні теплові надходження  $Q_{gn}$  Вт·год, для кожного місяця визначають за формулою:

$$Q_{n,gn} = Q_{int} + Q_{sol},$$



**Таблиця 22.** Розрахунок енергопотреби для опалення.

Місяць року	$Q_{H,tr}$ кВт·год	$Q_{H,ve}$ кВт·год	$Q_{H,ht}$ кВт·год	$Q_{H,sol}$ кВт·год	$Q_{H,int}$ кВт·год	$Q_{H,gn}$ кВт·год	$\gamma_H$	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$ кВт·год
січень	283705,2	103431,9	387137,1	8537,8	31133,5	39671,3	0,1	1	347465,8
лютий	242978	88583,8	331561,8	19922,7	30060	49982,7	0,15	1	281579,1
березень	220408,4	80355,5	300763,9	41496,5	32207,1	73703,6	0,25	0,99	227797,3
квітень	130166,8	47455,6	177622,4	56140,1	31133,5	87273,6	0,49	0,93	--
травень	65557,4	23900,6	89458	80255,9	30060	110315,9	1,23	0,66	--
червень	30627,5	11166	41793,5	82732,7	30060	112792,7	2,7	0,36	--
липень	14693,9	5357	20050,9	83083,7	9662,1	92745,8	4,63	0,21	--
серпень	22606	8241,6	30847,6	72720,8	9662,1	82382,9	2,67	0,36	--
вересень	73287,2	26718,7	100005,9	50907,1	32207,1	83114,2	0,83	0,81	--
жовтень	140157,2	51097,8	191255	26057,3	32207,1	58264,4	0,3	0,98	134155,9
листопад	199078,6	72579,1	271657,7	4596,1	32207,1	36803,2	0,14	1	234854,5
грудень	258838,6	94366,2	353204,8	1591,8	32207,1	33798,9	0,1	1	319405,9
<b><math>\Sigma</math></b>									<b>1545258,5</b>

## 7. ЕНЕРГОПОТРЕБА ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця енергопотребу для опалення  $Q_{C,nd}$ , Вт·год, за умови постійного опалення, розраховують за формулою:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,IS} Q_{C,ht},$$

де  $Q_{C,nd,cont}$  - енергопотреба для постійного опалення будівлі, Вт·год, повинна бути більше чи дорівнювати 0;

$Q_{C,ht}$  - сумарна теплопередача в режимі охолодження, Вт·год;

$Q_{C,gn}$  сумарні теплонадходження в режимі охолодження, Вт·год;

$\eta_{C,IS}$  - безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

Сумарна теплопередача ( $Q_{C,ht}$ )

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця сумарну теплопередачу  $Q_{C,ht}$ , Вт·год, визначають за формулою:  $Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}$ ,

де  $Q_{tr}$  - сумарна теплопередача трансмісією, Вт·год;

$Q_{ve}$  - сумарна теплопередача вентиляцією, Вт·год.

### 7.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТРАНСМІСІЄЮ

Сумарну теплопередачу трансмісією  $Q_{tr}$ , Вт·год, розрахована для кожного місяця за формулою  $Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \cdot t$  та наведена в таблиці 23.

**Таблиця 23.** Сумарна теплопередача трансмісією

Місяць року	$H_{tr,adj}, \text{Вт/К}$	$\theta_{int,set,C}, \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_e, \text{ }^\circ\text{C}$	t, год	$Q_{tr,c} \text{ кВт}\cdot\text{год}$
січень	15192,2	24	-5,1	744	328917
лютий	15192,2	24	-3,8	672	283815
березень	15192,2	24	0,5	744	265620
квітень	15192,2	24	8,1	720	173920
травень	15192,2	24	14,2	744	110769
червень	15192,2	24	17,2	720	74381
липень	15192,2	24	18,7	744	59905,9
серпень	15192,2	24	18	744	67818
вересень	15192,2	24	13,3	720	117041
жовтень	15192,2	24	7,6	744	185369
листопад	15192,2	24	1,8	720	242832
грудень	15192,2	24	-2,9	744	304051

## 7.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ

Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі розраховується за формулою:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \cdot t + \sum_{i=1}^N \cdot (\sum_{j=1}^{24} f_{ve,extra,j} \cdot H_{ve,extra,j,k} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_{e,j})),$$

де  $H_{ve,adj}$  - загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$H_{ve,extra,j,k}$  - загальний коефіцієнт теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції (нічна вентиляція та/або природне охолодження) від k-го елемента, Вт/К; у даному випадку = 0;

$\theta_{int,set,C}$  - задана температура зони будівлі для опалення,  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_e$  - середньомісячна температура зовнішнього середовища,  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{e,j}$  - температура зовнішнього середовища,  $^\circ\text{C}$ , для конкретної години доби, визначена на підставі погодинних значень репрезентативного дня місяця;

t - тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год;

$f_{ve,extra,j,k}$  - частка роботи для конкретної години доби i-го дня місяця від k-го елемента додаткової вентиляції (якщо нічна вентиляція та/або природне охолодження працює);  $f_{ve,extra,j,k} = 1$ , якщо не працює,  $f_{ve,extra,j,k} = 0$ );

j = 1 до 24 - крок розрахунку в годинах;

i = 1 до N - крок розрахунку в добах (N = 31 для січня).

У випадку вентиляції за рахунок природного охолодження та/або нічної вентиляції протягом періоду охолодження додаткову складову загального коефіцієнта теплопередачі

за рахунок додаткової вентиляції до кондиціонованого об'єму, Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_{ve,adj,C} = \rho a c (q_{ve,mn,C} \cdot b_{ve,C} + q_{inf,mn,C});$$

де  $\rho a c$  - теплоємність одиниці об'єму повітря, дорівнює 0,336 Вт·год/(м·К);

$q_{ve,mn,C}$  - усереднена за часом витрата повітря для вентиляції для охолодження, м<sup>3</sup>/год

$b_{ve,C}$  - температурний поправочний коефіцієнт, що коригує коефіцієнт теплопередачі вентиляцією замість різниці температур у випадках, коли температура припливного повітря не дорівнює температурі зовнішнього середовища (а саме за наявності утилізування теплоти),

$q_{inf,mn,C}$  - усереднена за часом витрата повітря для інфільтрації для охолодження, м<sup>3</sup>/год.

Усереднена за часом витрата повітря для інфільтрації розраховується за формулою:

$$q_{inf,mn,C} = n_{inf,C} V_{ve} v_v t_{inf,C} / 168,$$

де  $n_{inf,C}$  – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації, год<sup>-1</sup>;

$V_{ve}$  – об'єм зони, призначений для вентиляції;

$v_v$  – коефіцієнт зниження об'єму повітря в будівлі, яким враховують наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій,  $v_v=0,85$ ;

$t_{inf,C}$  – період використання витрати повітря для інфільтрації для періодів охолодження, год.

$$n_{inf,C} = \sum q_{inf,m,C} / (V_{ve} v_v)$$

де  $q_{inf,m,C}$  – приведені витрати повітря через оболонку будівлі, що орієнтована на m-ну сторону світу для охолодження, м<sup>3</sup>/год

$$q_{inf,m,C} = Q_{100,s,m} ((a_{inf,se} (\Delta P_{gr,m,C} + F_{e,seas,m,C} \Delta P_{wd,m,C}) / 100)^{\frac{2}{3}}$$

$Q_{100,s,m}$  – повітропроникність через отвори (віконні, дверні) в стінових конструкціях будівлі, орієнтованих на відповідну сторону світу під час перепаду тиску зовні та всередині будівлі 100 Па, м<sup>3</sup>/год;

$\Delta P_{gr,m,C}$  – перепад гравітаційного тиску зовні та всередині будівлі для охолодження, Па;

$\Delta P_{wd,m,C}$  – перепад вітрового тиску зовні та всередині будівлі для охолодження, Па;

$F_{e,seas,m,C}$  – повторюваність напрямку вітру за липень відповідно за сторонами світу;

$a_{inf,se}$  – надбавковий коефіцієнт, що враховує витрату повітря через глухі стінові конструкції оболонки будівлі.  $a_{inf,se} = 1,1$ .

Перепад гравітаційного тиску зовні та всередині будівлі для охолодження розраховують за формулою:

$$\Delta P_{gr,m,C} = 0,5 Z_{se,m} (\gamma_{e,seas,C} - \gamma_{int,set,C}),$$

де  $Z_{se,m}$  – висота будівлі від нижнього рівня опалювального об'єму (чи ґрунту за наявності опалювального цокольного поверху) до верхнього рівня опалювального об'єму;

$\gamma_{e, seas,C}$ ,  $\gamma_{int, set,C}$  – питома вага відповідно зовнішнього і внутрішнього повітря для періоду охолодження, Н/м<sup>3</sup>, яку розраховують за формулами:

$$\gamma_{e, seas,C} = 3463/(273+\theta_{e, seas,C}),$$

$$\gamma_{int, set,C} = 3463/(273+\theta_{int, set,C}),$$

де  $\theta_{e, seas,C}$  – середню температуру зовнішнього повітря за період із середньодобовою температурою повітря  $\geq 21$  °С, °С

$$\gamma_{e, seas,C} = 3463/(273+21)=11,8 \text{ Н/м}^3.$$

$$\gamma_{int, set,C} = 3463/(273+24)=11,7 \text{ Н/м}^3.$$

$$\Delta P_{gr,m,C}=0,5 \cdot 6,23(11,8-11,7)=0,3 \text{ Па.}$$

Перепад вітрового тиску розраховують для середньої швидкості вітру за липень за відповідною стороною світу визначають за формулою:

$$\Delta P_{wd,m,C}=0,03 \gamma_{e, seas,C} \beta_{v,m} v_{e,seas,m,C}^2,$$

де  $v_{e,seas,m,C}$  – середня швидкість вітру за липень за сторонами світу;

$\beta_{v,m}$  – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі.

$$\Delta P_{wd,m,C(Пн,ПнCx)}=0,03 \cdot 11,8 \cdot 0,54 \cdot 3,4^2=2,2 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{wd,m,C(Cx,ПдCx)}=0,03 \cdot 11,8 \cdot 0,54 \cdot 3^2=1,7 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{wd,m,C(Пд,Пд3x)}=0,03 \cdot 11,8 \cdot 0,54 \cdot 3,0^2=1,7 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{wd,m,C(3x,Пн3x)}=0,03 \cdot 11,8 \cdot 0,54 \cdot 3,7^2=2,6 \text{ Па}$$

Повітропроникність через отвори в стінових конструкціях будівлі орієнтованих на відповідну сторону світу під час перепаду тиску зовні та всередині будівлі 100 Па, м<sup>3</sup>/год, визначають за формулою:

$$Q_{100,s,m}=\Sigma Q_{100} A_{i, m},$$

де  $A_{i, m}$  – площа і-го елемента оболонки, орієнтованого на m-ну сторону світу;

$Q_{100}$  – показник повітропроникності для відповідного типу конструкції, м<sup>3</sup>/( м<sup>2</sup>·год).

$$Q_{100,s,m} = 9 \cdot (635,6+109,6+512,4+101) = 12227 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{Тоді } q_{inf, m,C(Пн,ПнCx)} = 12227 (1,1(0,3+0,116 \cdot 2,2))/ 100)^{\frac{2}{3}} = 408,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$q_{inf, m,C(Cx,ПдCx)} = 12227 (1,1(0,3+0,081 \cdot 1,7))/ 100)^{\frac{2}{3}} = 348,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$q_{inf, m,C(Пд,Пд3x)} = 12227 (1,1(0,3+0,085 \cdot 1,7))/ 100)^{\frac{2}{3}} = 352,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$q_{inf, m,C(3x,Пн3x)} = 12227 (1,1(0,3+0,216 \cdot 2,6))/ 100)^{\frac{2}{3}} = 547,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації:

$$n_{inf. H} = (408,5+348,6+352,2+547,6)/(25228,59 \cdot 0,85) = 0,1 \text{ год}^{-1}$$

Усереднена за часом витрата повітря за рахунок інфільтрації:

$$Q_{inf, mn, H} (прир) = 0,1 \cdot 25228,5 \cdot 0,85 \cdot (168-50)/168 = 1506,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$N_{ve,adj} = 0,336 \cdot (13471,9 \cdot 1 + 1506,2) = 5032,6 \text{ Вт/К}$$

**Таблиця 24.** Сумарна теплопередача вентиляцією

Місяць року	$N_{ve, adj}, \text{Вт/К}$	$\theta_{int, H, set}, \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_e, \text{ }^\circ\text{C}$	t, год	$Q_{ve}, \text{Вт}\cdot\text{год}$
січень	5032,6	24	-5,1	744	108957,8
лютий	5032,6	24	-3,8	672	94017
березень	5032,6	24	0,5	744	87990
квітень	5032,6	24	8,1	720	57613,2
травень	5032,6	24	14,2	744	36693,7
червень	5032,6	24	17,2	720	24639,6
липень	5032,6	24	18,7	744	19844,5
серпень	5032,6	24	18	744	22465,5
вересень	5032,6	24	13,3	720	38771,2
жовтень	5032,6	24	7,6	744	61405,8
листопад	5032,6	24	1,8	720	80441,1
грудень	5032,6	24	-2,9	744	100720,4

### 7.3 ДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ

Часова константа будівлі характеризує внутрішню теплову інерцію будівлі

$$C_m = C \cdot A_f,$$

Будівля є важкою, відповідно внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить  $C = 80 \text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ .

$$C_m = 80 \cdot 7515 = 601200 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{К}$$

Часова константа будівлі,  $\tau$ , год.:

$$\tau = C_m / (N_{tr,adj} + N_{ve,adj} + N_{ve,extra,adj}),$$

де  $N_{tr,adj}$  - репрезентативне значення загал. коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К

$N_{ve,adj}$  - репрезентативне значення загал. коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К

$N_{ve,extra,adj}$  - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції від нічного та/або природного охолодження, Вт/К,

$$\tau = 601200 / (15192,2 + 5032,6 + 0) = 29,7.$$

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для охолодження  $\eta_{c,gn}$  - це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти  $\gamma_n$ , та числового параметра  $a_c$ , який залежить від інерції будівлі. Розраховано за формулами кожного місяця.

Безрозмірний числовий параметр  $a_n$  :

$$a_c = a_{c,0} + (\tau / \tau_{c,0}) = 1 + (29,7/15) = 3.$$

де  $a_{H,0}$  – довідковий безрозмірний числовий параметр, що приймають рівним 1,0;

$\tau$  - часова константа зони будівлі, год,

$\tau_{H,0}$  - довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год.

#### 7.4 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОПОТРЕБИ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ

Розрахунок енергопотреби для охолодження виконаний згідно з формулою  $Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,IS} Q_{C,ht}$  для кожного місяця, наведений в таблиці 25.

Безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення визначається за формулою:  $\gamma_H = Q_{C,gn} / Q_{C,ht}$ ,

$$\text{якщо } \gamma_C > 0, \text{ то } \eta_{C,gn} = (1 - \gamma_C^{-ac}) / (1 - \gamma_H^{-(ac+1)})$$

**Таблиця 25.** Розрахунок енергопотреби для охолодження

Місяць року	$Q_{C,tr}$ кВт·год	$Q_{C,ve}$ кВт·год	$Q_{C,ht}$ кВт·год	$Q_{C,sol}$ кВт·год	$Q_{C,int}$ кВт·год	$Q_{C,gn}$ кВт·год	$\gamma_C$	$\eta_{C,gn}$	$Q_{C,nd}$ кВт·год
січень	328917,2	108957,8	437875,0	8537,8	31133,5	39671,3	0,09	0,09	-
лютий	283814,6	94017	377831,6	19922,7	30060	49982,7	0,13	0,13	-
березень	265620,4	87990	353610,4	41496,5	32207,1	73703,6	0,21	0,21	-
квітень	173920,3	57613,2	231533,5	56140,1	31133,5	87273,6	0,38	0,37	1606,2
травень	110769,4	36693,7	147463,1	80255,9	30060	110315,9	0,75	0,63	17414,1
червень	74381,0	24639,6	99020,6	82732,7	30060	112792,7	1,14	0,8	33576,2
липень	59905,9	19844,5	79750,4	83083,7	9662,1	92745,8	1,16	0,8	28945,5
серпень	67818,0	22465,5	90283,5	72720,8	9662,1	82382,9	0,91	0,71	18281,6
вересень	117040,7	38771,2	155811,9	50907,1	32207,1	83114,2	0,53	0,49	6766,4
жовтень	185369,1	61405,8	246774,9	26057,3	32207,1	58264,4	0,24	0,24	-
листопад	242832,1	80441,1	323273,2	4596,1	32207,1	36803,2	0,11	0,11	-
грудень	304050,6	100720,4	404771,0	1591,8	32207,1	33798,9	0,08	0,08	-
<b><math>\Sigma</math></b>									<b>106590</b>

#### 8. ЕНЕРГОПОТРЕБИ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ( $Q_{DHW,nd}$ )

Для цілей сертифікації енергоефективності згідно з нормативними вимогами питомі енергопотреби ГВП для навчальних закладів на  $1m^2 = 10$  кВт·год/ $m^2$ .

$$Q_{DHW,nd} = 7515 \cdot 10 = 75150 \text{ кВт·год}$$

#### 9. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОПОТРЕБИ БУДІВЛІ

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / V_f = (1545258,5 + 106590 + 75150) / 25228,5 = 68,5 \text{ кВт·год}/m^3.$$

## 10. ЗАГАЛЬНЕ ЕНЕРГОСПОЖИВННЯ ПРИ ОПАЛЕНІ

Джерелом теплопостачання є централізоване теплопостачання. Опалювальні прилади - радіатори.

Річне енергоспоживання при опаленні ( $Q_{H,use}$ ), кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,use} = Q_{H,gen,out,t} + Q_{H,gen,Is,i},$$

де  $Q_{H,gen,out,t}$  - енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-го місяця, кВт·год;

$Q_{H,gen,Is,i}$  - загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-го місяця, кВт·год.

$$Q_{H,gen,out,t} = Q_{H,dis,in,i},$$

де  $Q_{H,dis,in,i}$  - енергія входу в підсистему розподілення упродовж і-го місяця, кВт·год, що розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,is,nrvd,i} + Q_{H,dis,out,i}$$

де  $Q_{H,dis,is,nrvd,i}$  - неутилізовані тепловтрати підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, кВт·год;

$Q_{H,dis,out,i}$  - енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, кВт·год.

Неутилізаційними вважають тепловтрати підсистем розподілення, що знаходяться в усіх неопалювальних об'ємах. Утилізаційними вважають тепловтрати підсистем розподілення в усіх опалюваних об'ємах.

Енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, ( $Q_{H,dis,out,i}$ ), кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,out,i} = Q_{H,em,in,i}$$

$Q_{H,em,in,i}$  - енергія входу, необхідна для підсистеми тепловіддачі впродовж і-го місяця кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out} + Q_{H,em,Is,i}$$

де  $Q_{H,em,out}$  - енергія виходу підсистеми тепловіддачі за і-й місяць, кВт·год;

$Q_{H,em,Is,i}$  - загальні тепловтрати підсистем тепловіддачі/виділення впродовж і-го місяця, які вважаються 100 % придатними для утилізації, кВт·год.

$$Q_{H,em,Is} = (f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}) / \eta_{em} - 1) \cdot Q_{H,em,out},$$

де  $Q_{H,em,Is}$  – загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць, Вт· год;

$Q_{H,em,out}$  - енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць, Вт год, є енергопотребою для опалення за конкретний місяць  $Q_{Hnd}$ ;

$f_{hydr}$  - коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи;

$f_{im}$  - коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення;  $f_{im} = 1$  - для постійного теплового режиму;

$f_{im} = 0,98$  - для періодичного теплового режиму з регулюванням без інтегрованого зворотного зв'язку;

$f_{im} = 0,97$  - для періодичного теплового режиму з регулюванням, що має інтегрований зворотний зв'язок (з оптимізованим пуском);

$f_{rad}$  - коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку (тільки для променевих систем опалення);

$\eta_{em}$  - загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні, що визначають за формулою:

$$\eta_{em} = \frac{1}{4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})}$$

де  $\eta_{str}$  - складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення;

$\eta_{ctr}$  - складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення;

$\eta_{emb}$  - складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень.

$$\eta_{str} = (\eta_{str1} + \eta_{str2})/2$$

$$\eta_{str} = (0,88 + 0,83)/2 = 0,86.$$

$$\eta_{ctr} = 0,93 \quad \eta_{emb} = 1$$

$$\eta_{em} = \frac{1}{4 - (0,86 + 0,93 + 1)} = 0,83.$$

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення визначаються для кожного місяця за формулою, при цьому:  $f_{hydr} = 1,03$ ;  $f_{im} = 1$ ,  $f_{rad} = 1$ .

$$Q_{H,em,ls} = ((f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}) / \eta_{em}) - 1 \cdot Q_{H,em,out} = ((1,03 \cdot 1 \cdot 1) / 0,83) - 1 \cdot Q_{H,em,out} = 0,24 \cdot Q_{H,em,out}$$

Енергія виходу до підсистеми розраховується за формулою  $Q_{H,em,in} = Q_{H,em,out} + (1 - 0,8 \cdot \eta_{H,qn,i}) \cdot Q_{H,em,ls,i}$  для кожного місяця та наведені в таблиці 26.

**Таблиця 26.** Загальні тепловтрати для зони будівлі

Місяць року	$Q_{H,nd} = Q_{H,em,out,i}, \text{кВт} \cdot \text{год}$	$\eta_{H,qn,i}$	$Q_{H,em,ls,i}, \text{кВт} \cdot \text{год}$	$Q_{H,em,in,i}, \text{кВт} \cdot \text{год}$
січень	347465,8	1	83391,8	364144,2
лютий	281579,1	1	67579	295094,9
березень	227797,3	0,99	54671,4	239169
квітень	--	-	--	--
травень	--	-	--	--
червень	--	-	--	--



липень	--	-	--	--
серпень	--	-	--	--
вересень	--	-	--	--
жовтень	134155,9	0,98	32197,4	141110,5
листопад	234854,5	1	56365,1	246127,5
грудень	319405,9	1	76657,4	334737,4
<b>Σ</b>	<b>1545258,5</b>		<b>370862,1</b>	<b>1620383,5</b>

$$Q_{H,dis,out,i} = Q_{H,em,in,i} = 1620383,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,is,nrvd,i} + Q_{H,dis,out,i} = 0 + 1620383,5 = 1620383,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$Q_{H,gen,out,i} = Q_{H,dis,in,i} = 1620383,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-го місяця ( $Q_{H,gen,Is,i}$ ), кВт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{H,gen,Is,i} = Q_{H,gen,out,i} \cdot (1 - \eta_{H,gen}) / \eta_{H,gen}$$

де  $\eta_{H,gen}$  - показники ефективності підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти, що приймаються згідно з даними значень сезонної ефективності виробництва/генерування теплоти.

$$Q_{H,gen,Is,i} = 1620383,5 \cdot (1 - 0,7) / 0,7 = 694450,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Річне енергоспоживання при опаленні:

$$Q_{H,use} = Q_{H,use} = Q_{H,gen,out,t} + Q_{H,gen,Is,i} = 1620383,5 + 694450,1 = 2314833,6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

## 11. ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОХОЛОДЖЕНІ

Енергоспоживання при охолодженні, кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,is}$$

де  $Q_{C,gen,out}$  - енергія виходу від підсистем виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год,

$Q_{C,gen,is}$  - загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год.

Загальну енергію виходу з підсистем виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,ac}$$

де  $\eta_{C,ac}$  - ефективність автоматичного управління/регулювання, приймають в залежності від класу ефективності системи управління/регулювання.

Енергію входу, яка необхідна для підсистеми розподілення, кВт·год, визначають за формулою:

$$Q_{C,dis,in} = Q_{C,dis,out,i}/1000 + Q_{C,dis,is},$$

де  $Q_{C,dis,out,i}$  -енергія виходу для підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, Вт·год, приймають такою, що дорівнює енергопотребі для охолодження  $Q_{C,nd}$ ;

$Q_{C,dis,is}$  – річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодженого повітря, кВт·год.

Річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодження, кВт·год, визначають за формулою:

$$Q_{C,dis,is} = Q_{C,nd} \cdot ((1-\eta_{C,ce}) + (1-\eta_{C,ce,sens}) + (1-\eta_{C,d})),$$

де  $Q_{C,nd}$  -річні енергопотреби для охолодження, кВт·год;

$\eta_{C,ce}$  -ступінь утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження;

$\eta_{C,ce,sens}$ -ступінь явної утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження. Ця величина враховує небажане осушення (енергію на конденсацію) в існуючому устаткуванні системи охолодження.

$\eta_{C,d}$ -ступінь утилізації підсистеми розподілення.

У разі відсутності системи охолодження, з метою визначення енергетичної ефективності будівлі приймається значення **0,93** для ефективності автоматичного управління/регулювання ( $\eta_{C,ac}$ ) та значення **2,4** для показника ефективності підсистеми виробництва/генерування.

$$Q_{C,dis,in} = Q_{C,nd} = 106590 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$Q_{C,gen,out} = 106590/0,93 = 114612,9 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{C,gen,is} = Q_{C,gen,out} \cdot (1-\eta_{C,gen}) / \eta_{C,gen},$$

де  $\eta_{C,gen}$  - ефективність підсистеми виробництва/генерування та акумулювання,  $\eta_{C,gen} = 2,4$

$Q_{C,gen,out}$  - енергія виходу від підсистем виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год.

$$Q_{C,gen,is} = 114612,9 \cdot (1-2,4)/2,4 = -66857,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Енергоспоживання при охолодженні

$$Q_{C,use} = 114612,9 + (-66857,5) = 47755,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

## 12. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ

$$EP_p = (Q_{H,use} + Q_{C,use}) / V_f = (2314833,6 + 47755,4) / 25228,5 = 93,7 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

Для навчальних закладів:  $EP_p = 55 \Lambda_{bci} + 24 = 44,9 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$ .

$$EP_{use} \leq EP_p$$

Отже умова виконується:  $93,7 > 44,9$

#### **Визначення класу енергетичної ефективності будинку:**

Визначаємо за різницею в % розрахункового або фактичного значення питомих енергоспоживань:

$$[(E_{P_{use}} - E_{P_p}) / E_{P_p}] \cdot 100\% = [(93,7 - 44,9) / 44,9] \cdot 100\% = 108,7\%$$

*Згідно з методикою визначення енергетичної ефективності дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «G».*

#### **14. ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

$$Q_{DHW,use} = [Q_{DHW,nd} + Q_{W,em,l} + \sum_m (Q_{W,dis,ls,m} + Q_{W,dis,ls,col,off,m}) / 1000] / \eta_{gen}$$

Річні тепловтрати підсистеми розподілення постачання гарячої води  $Q_{W,dis,ls}$ , кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{W,dis,ls} = Q_{W,dis,ls,D} + Q_{W,dis,ls,U}$$

де  $Q_{W,dis,ls,D}$  – місячні тепловтрати трубопроводами системи ГВП, розміщеними в опалювальних об'ємах, визначають за формулою:

$$Q_{W,dis,ls,D} = \sum_j \Psi_{Wj} \cdot L_{Wj} \cdot (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) \cdot t_{Wj}$$

$Q_{W,dis,ls,U}$  – місячні тепловтрати трубопроводами системи ГВП, розміщеними в неопалювальних об'ємах, в даному випадку  $Q_{W,dis,ls,U} = 0$ .

де  $\Psi_{Wj}$  - лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м·К);

$L_{Wj}$  - довжина секції трубопроводу, м;

$\theta_{W,dis,avg}$  - середня температура гарячої води у секції трубопроводу, °С;

$\theta_{amb}$  - середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалюваного чи неопалюваного приміщення, °С;

$t_w$  - період користування ГВП (год/місяць);

$J$  - індекс, що позначає трубопроводи, розміщені в опалювальних об'ємах з однаковими граничними умовами;

Тепловтрати використаної води ГВП під час водорозбирання,  $Q_{W,em,l}$ , кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{W,em,ls} = Q_{DHW,nd} \cdot \eta_{eq} / 100,$$

$$Q_{W,dis,ls} = (0,8 \cdot 276 \cdot (55 - 22) \cdot 2603) / 1000 = 18966,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$Q_{W,em,l} = 75150 \cdot 10 / 100 = 7515 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$Q_{DHW,nd} = 75150 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річний обсяг енергоспоживання на потреби ГВП визначають згідно з формулою, при цьому ефективність підсистеми виробництва/генерування теплоти,  $\eta_{gen} = 94\%$ .

$$Q_{DHW,use}=(18966,5+7515+75150)/0,94 = 108118,6 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

### 13. ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОСВІТЛЕННІ

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні  $Q_{W,use}$ , кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{W,use} = Q_{WL} + Q_{WP},$$
$$Q_{WL} = (P_N \cdot F_C) \cdot ((t_D \cdot F_0 \cdot F_D) + (t_N \cdot F_0)) \cdot A_f / 1000,$$
$$Q_{WP} = (P_{em} \cdot A_{em} + P_{pc} \cdot A_{pc})$$

$$A_{pc} = 7515 \text{ м}^2.$$

Площа приміщень з аварійним освітленням:  $A_{em} = 2553,2 \text{ м}^2$ .

$$P_{N1} = 7 \text{ Вт/м}^2, t_D = 1800 \text{ год}, t_N = 200 \text{ год};$$

$$F_C = 1, F_0 = 1, F_D = 1, P_{pc} = 5, P_{em} = 1.$$

$$Q_{WL} = 7 \cdot 1 \cdot (1800 + 200) \cdot 7515 / 1000 = 105210 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$Q_{WP} = (1 + 5) \cdot 2553,2 = 15319,2 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні  $Q_{W,use} = 105210 + 15319,2 = 120529,2 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$