

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

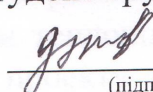
« 8 » 06 2026 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

**на тему:** Розробка системи теплопостачання студентського містечка на 1400 студентів в м. Вінниця з розробкою сонячних колекторів

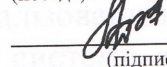
Виконав: студент групи 47-ТЕ-22з

 **Журавльов І. Д.**  
(підпис)

Керівник роботи:

к.т.н., професор кафедри ЕІ та РС ПННІ НУК

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

 **Димо Б.В.**  
(підпис)

Первомайськ - 2026 р.

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»

Спеціальність 144 – «Теплоенергетика»

Освітня програма «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

«23» 02 2026 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Журавльову Ігору Дмитровичу

(Прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи: Розробка системи теплопостачання студентського містечка на 1400 студентів в м. Вінниця з розробкою сонячних колекторів  
Керівник роботи к.т.н. професор кафедри ЕІ та РС Димо Б.В.  
Затверджено розпорядженням ПННІ НУК № 19 від «19» 02. 2026 року
- Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедру: 05.06.2026
- Вихідні дані по роботі: Розробити теплопостачання студмістечка в м. Вінниця виконати на основі завдання, проекту вертикального планування. Джерелом теплопостачання являється газова котельня, яка окремо стоїть, розташована на території інституту, яка повинна бути реконструйована з метою збільшення потужності. Система теплопостачання водних теплових мереж прийнята чотирьохтрубна, закрита з централізованим гарячим водопостачанням. Згідно технічних умов теплоносієм для системи теплопостачання опалення, вентиляції Т1, Т2 являється гаряча вода з параметрами 95-70°C, для теплопроводів системи гарячого водопостачання Т3, Т4 вода з температурою 60°C. Прокладка мереж теплопостачання прийнята підземна, частково в безканалній прокладці, частково надземна.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється проект системи тепlopостачання. 2. Розробка системи водяного опалення гуртожитку. Розробка проекту геліоколекторного поля. 4. Розробка теплової мережі. Розробка елемента системи тепlopостачання – ІТП. 6. Розробка заходів охорони праці

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. Генеральний план. 2. План гуртожитку 3. Аксонометрична схема. Схема системи ГВП від СК. 5. Креслення сонячного колектору. 6. Схема ІТП.

6. Консультанти розділів роботи

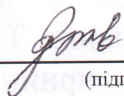
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання «20» лютого 2026 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

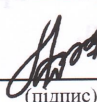
| Номер | Назва етапів роботи                                                             | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Характеристика об'єкта, для якого розробляється проект системи тепlopостачання. | 9.03.26                        |          |
| 2     | Розробка системи водяного опалення гуртожитку                                   | 22.03.26                       |          |
| 3     | Розробка проекту геліоколекторного поля                                         | 08.04.26                       |          |
| 4     | Розробка теплової мережі.                                                       | 20.04.26                       |          |
| 5     | Розробка елемента системи тепlopостачання – ІТП                                 | 29.04.26                       |          |
| 6     | Розробка заходів з охорони праці                                                | 16.05.26                       |          |
| 7     | Графічна частина                                                                | 22.05.26                       |          |

Студент

  
(підпис)

Журавльов І.Д.

Керівник роботи

  
(підпис)

Димо Б.В.

## **Анотація**

У кваліфікаційній роботі виконано проект системи сонячного теплопостачання. Проведено аналіз кліматичних умов регіону та визначено оптимальний кут розташування геліоколектора. Розраховано місячний прихід сонячної енергії на нахилену поверхню та визначено теплові навантаження за місяцями. З урахуванням кліматичних особливостей місцевості та техніко-економічних вимог обрано плоский геліоколектор із середніми технічними характеристиками, що забезпечує доступну вартість обладнання при достатньому рівні виробництва гарячої води.

Для гуртожитку запроектовано систему опалення, визначено опір теплопередачі огорожувальних конструкцій приміщень. Розроблено індивідуальний тепловий пункт, розроблено теплову мережу, обчислено теплові навантаження, підібрано конструктивне виконання теплотраси та виконано її гідравлічний і міцнісний розрахунки.

**Ключові слова:** геліоколектор, теплоносій, теплове навантаження, гуртожиток, гаряче водопостачання, кліматична характеристика, тепловий пункт.

## **Abstract**

In the qualification work, a solar heat supply system project was completed. The climatic conditions of the region were analyzed and the optimal angle of the solar collector was determined. The monthly arrival of solar energy on an inclined surface was calculated and the thermal loads by month were determined. Taking into account the climatic features of the area and technical and economic requirements, a flat solar collector with average technical characteristics was selected, which ensures an affordable cost of equipment with a sufficient level of hot water production.

A heating system was designed for the dormitory, the heat transfer resistance of the enclosing structures of the premises was determined. An individual heat point was developed, a heat network was developed, heat loads were calculated, the design of the heat main was selected and its hydraulic and strength calculations were performed.

**Keywords:** solar collector, heat carrier, thermal loading, dormitory, hot water supply, climatic characteristic, thermal point.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                                                               | 5  |
| РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО<br>РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ ПРОЕКТ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....                                                                         | 8  |
| 1.1. Характеристика об'єкту проектування.....                                                                                                                            | 8  |
| 1.2. Можливості вироблення теплової енергії сонячними<br>колекторами різних типів в умовах України.....                                                                  | 8  |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ<br>ГУРТОЖИТКУ.....                                                                                                          | 10 |
| 2.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень<br>приміщень.....                                                                                                 | 10 |
| 2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на<br>підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу.....                                                    | 11 |
| 2.3. Визначення питомої втрати теплоти на опалення приміщень.....                                                                                                        | 14 |
| 2.4. Складання теплового балансу приміщення. Визначення теплової<br>потужності системи опалення.....                                                                     | 20 |
| 2.5. Обрання та обґрунтування типу системи опалювання та<br>опалювальних приладів.....                                                                                   | 20 |
| 2.6. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх<br>приміщень.....                                                                                         | 21 |
| 2.7. Розробка аксонометричної схеми опалення з нанесенням на неї<br>опалювальних приладів, стояків, магістральних теплопроводів та<br>інших елементів системи.....       | 26 |
| 2.8. Розрахунок головного циркуляційного кільця з ув'язкою двох-<br>трьох паралельних циркуляційних кілець. Підбір<br>циркуляційного насосу за типом та параметрами..... | 26 |
| 2.9. Визначення ємності бака розширювача.....                                                                                                                            | 31 |
| РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ГЕЛІОКОЛЕКТОРНОГО ПОЛЯ.....                                                                                                                   | 32 |
| 3.1. Розрахунки кліматичних характеристик.....                                                                                                                           | 32 |
| 3.2. Щомісячний прихід енергії на $1 \text{ м}^2$ .....                                                                                                                  | 34 |
| 3.3. Вибір кута установки геліоколектора.....                                                                                                                            | 35 |
| 3.4. Перерахунок місячного приходу енергії для нахиленої поверхні..                                                                                                      | 37 |
| 3.5. Визначення місячного теплового навантаження.....                                                                                                                    | 41 |
| 3.6. Визначення геометричних параметрів геліоколекторів.....                                                                                                             | 42 |
| 3.7. Визначення площі геліоколекторного поля.....                                                                                                                        | 44 |
| 3.8. Теплові характеристики геліоколектора.....                                                                                                                          | 45 |
| РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ.....                                                                                                                                  | 48 |
| 4.1. Визначення теплових навантажень.....                                                                                                                                | 48 |

|                                                 |                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.                                            | Регулювання відпуску теплоти.....                                                   | 52 |
| 4.3.                                            | Визначення розрахункових витрат теплоносія в теплових мережах.....                  | 58 |
| 4.4.                                            | Вибір конструкції теплової мережі і розробка монтажноі схеми...                     | 59 |
| 4.5.                                            | Гідравлічний розрахунок водяних теплових мереж.....                                 | 60 |
| 4.5.1.                                          | Гідравлічний розрахунок теплопроводів для зимового періоду....                      | 60 |
| 4.5.2.                                          | Гідравлічний розрахунок теплопроводів для літнього періоду.....                     | 64 |
| 4.6.                                            | Тепловий розрахунок ізоляції.....                                                   | 65 |
| РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТА СИСТЕМИ             |                                                                                     |    |
|                                                 | ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ – ІТП.....                                                          | 67 |
| РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ..... |                                                                                     | 71 |
| 6.1.                                            | Задачі в області охорони праці.....                                                 | 71 |
| 6.2.                                            | Оцінка експлуатаційних особливостей системи, окремих технологічних процесів.....    | 72 |
| 6.3.                                            | Аналіз умов праці і виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....      | 75 |
| 6.4.                                            | Забезпечення пожежо- і вибухобезпечності об'єкта.....                               | 76 |
| 6.5.                                            | Розробка організаційних і технічних заходів для створення безпечних умов праці..... | 79 |
| ВИСНОВКИ.....                                   |                                                                                     | 83 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                 |                                                                                     | 84 |
| ДОДАТКИ.....                                    |                                                                                     | 86 |

## ВСТУП

Сьогодні проблема використання відновлюваних джерел енергії набуває особливої актуальності. Вони розглядаються як важливе доповнення до традиційних способів отримання енергії. Незважаючи на те, що в нашій країні споживається близько п'ятої частини світового обсягу первинних енергоресурсів, зростання собівартості викопного палива та загострення екологічних проблем, спричинених його спалюванням, змушують шукати альтернативи. У цьому контексті все більше уваги приділяється екологічно безпечним і всюди доступним відновлюваним джерелам — сонячній енергії та тепловим насосам. За прогнозами, вже у найближчі два десятиліття такі технології займуть помітну частку в глобальному енергетичному балансі, частково замінивши органічне паливо та сприяючи покращенню стану довкілля.

Рациональне використання паливно-енергетичних ресурсів — одне з ключових завдань сучасності. Серед напрямів упровадження нетрадиційних джерел особливий інтерес викликає сфера теплохолодопостачання, яка належить до найбільших споживачів енергії у світі. Її переваги над традиційними системами полягають не лише у значному скороченні витрат енергоресурсів, але й у високій екологічній чистоті, а також у можливості підвищення автономності енергопостачання будівель і споруд. Саме ці характеристики визначатимуть конкурентоспроможність обладнання на внутрішньому та міжнародному ринках.

Постійне зростання цін на енергоносії — від дров і вугілля до природного газу та електроенергії — робить питання опалення та гарячого водопостачання заміських будинків і котеджів особливо гострим. Це й спонукало інженерів та винахідників звернути увагу на Сонце — невичерпне та безкоштовне джерело енергії. Щодня воно випромінює мільйони кіловат тепла, яке можна ефективно використовувати для побутових і промислових потреб. Так з'явилися геліоколектори — системи, що нагрівають воду без споживання традиційного палива.

Геліоколектори бувають двох основних типів — плоскі та вакуумні. Плоскі колектори оптимальні для теплого періоду року: вони нагрівають воду чи теплоносії завдяки прямому сонячному випромінюванню, що робить їх ідеальними для дач,

санаторіїв та курортних об'єктів. Їхні головні переваги — простота конструкції, низька вартість, легкість монтажу та обслуговування. У світі такі системи користуються великим попитом, а в південних регіонах країни здатні працювати майже цілий рік.

Вакуумні колектори коштують дорожче, але забезпечують стабільний нагрів води незалежно від пори року. Вони працюють навіть при температурах  $-25\ldots-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  та здатні уловлювати розсіяне світло, тож ефективні навіть у похмуру погоду. Діапазон їх використання надзвичайно широкий — від тропічних до північних регіонів, а температура нагріву теплоносія може сягати  $+230\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Сьогодні геліосистеми досягли високого рівня розвитку і все частіше встановлюються не лише на приватних будинках, а й на промислових та громадських об'єктах — від кафе і магазинів до великих інфраструктурних комплексів.

### **Мета дослідження**

Обґрунтувати доцільність і перспективи використання геліосистем для теплопостачання та гарячого водопостачання на основі аналізу видів сонячних колекторів, їх технічних характеристик та ефективності в різних кліматичних умовах.

### **Завдання дослідження**

1. Проаналізувати сучасний стан і тенденції розвитку відновлюваних джерел енергії.
2. Розглянути принцип роботи, переваги та обмеження плоских і вакуумних геліоколекторів.
3. Оцінити можливості використання різних типів колекторів у різних кліматичних зонах.
4. Визначити перспективи впровадження геліосистем у приватному, комерційному та промисловому секторах.
5. Сформулювати рекомендації щодо вибору оптимальної геліосистеми залежно від умов експлуатації.

### **Об'єкт дослідження**

Процес отримання теплової енергії з сонячного випромінювання за допомогою геліосистем.

### **Предмет дослідження**

Технічні та експлуатаційні характеристики плоских і вакуумних сонячних колекторів та їх вплив на ефективність теплопостачання.

### **Методи дослідження**

- Аналіз науково-технічної літератури та статистичних даних.
- Порівняльний техніко-економічний аналіз різних типів сонячних колекторів.
- Кліматичне моделювання ефективності роботи геліосистем у різних регіонах.

### **Очікувані результати**

- Визначення оптимальних умов використання плоских і вакуумних колекторів.
- Обґрунтовані рекомендації щодо вибору та впровадження геліосистем у різних сферах.
- Підтвердження економічної та екологічної доцільності застосування сонячної енергії для теплопостачання.

## **РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ ПРОЕКТ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.**

### **1.1. Характеристика об'єкту проектування**

Проект системи теплопостачання студентського містечка у м. Вінниця розроблено відповідно до завдання та проекту вертикального планування території. Джерелом тепла передбачено окремо розташовану газову котельню на території інституту, яку планується реконструювати з метою підвищення її потужності. Прийнята чотиритрубна, закрита схема водяних теплових мереж із централізованим гарячим водопостачанням. Згідно з технічними умовами, теплоносієм для систем опалення та вентиляції (трубопроводи Т1, Т2) є гаряча вода з параметрами 95–70 °С, а для гарячого водопостачання (Т3, Т4) – вода температурою 60 °С. Прокладання теплових мереж запроєктовано переважно підземним способом: частково у безканальному виконанні, частково надземно. Для компенсації температурних подовжень трубопроводів використовуються відводи та П-подібні компенсатори.

1.2. Можливості вироблення теплової енергії сонячними колекторами різних типів в умовах України.

В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв — газу, електроенергії та інших видів палива — питання економії під час нагрівання води та забезпечення об'єктів теплом стає особливо актуальним як для приватних, так і для комерційних споживачів.

Досвід практичної експлуатації підтверджує, що з цим завданням добре справляються сонячні теплові системи, які перетворюють енергію сонячного випромінювання в тепло. Україна, завдяки вигідному географічному розташуванню та сприятливому клімату, має значний потенціал для використання геліоустановок у будь-якому регіоні. Річна сумарна сонячна інсоляція на 1 м<sup>2</sup> поверхні в нашій країні становить у середньому 1000–1350 кВт·год/м<sup>2</sup>, залежно від місцевості.

Втім, навіть за таких сприятливих умов сонячна енергія не здатна повністю замінити основне джерело тепла, особливо в зимовий період. Головна мета геліосистеми — максимально скоротити використання традиційних енергоносіїв, інтегруючись у комбіновані системи теплопостачання як енергозберігаючий елемент.

При проєктуванні таких установок необхідно враховувати сезонні особливості: взимку навіть великі поля колекторів виробляють обмежений обсяг тепла, а влітку надмірна генерація без належного відбору енергії призводить до стагнації, зниження ККД та зростання експлуатаційних витрат.

Практика впровадження в Україні дає змогу виділити кілька основних напрямів використання геліосистем:

- для гарячого водопостачання (ГВП);
- для ГВП і підігріву басейнів;
- для ГВП та опалення;
- для ГВП, опалення та підігріву басейнів одночасно.

Правильно спроектовані та налагоджені системи здатні економити 60–70% тепла, необхідного для ГВП та підігріву басейнів, і до 30% річної потреби тепла для ГВП та опалення.

Для умов України можуть ефективно працювати як плоскі, так і вакуумні колектори. Проте досвід Німеччини — одного з європейських лідерів у цій галузі — показує, що близько 90% встановлених там систем складають саме плоскі колектори. Економічна доцільність використання геліосистеми залежить від її здатності працювати з максимальною ефективністю протягом усього строку експлуатації, а оцінювати ефективність варто не лише за паспортними характеристиками окремих компонентів, а й за сумарним річним виробленням теплової енергії всією системою.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ ГУРТОЖИТКУ

### 2.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень

Опір теплопередачі  $R_0$  захищаючих конструкцій слід приймати найбільшим за санітарно-гігієнічними умовами і за умовами енергозбереження.

З рівняння знаходимо термічний опір шару утеплювача  $R_{i_{yt}}$ , по величині якого можна визначити товщину утеплюючого шару конструкції:

$$R_0^p = \frac{1}{\alpha_b} + R_1 + \dots + R_{i_{yt}} + \dots + R_n + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (2.1)$$

де  $R_1$ ,  $R_{i_{yt}}$ ,  $R_n$  – термічний опір теплопередачі окремих шарів захищаючої конструкції, визначуваних як:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad \text{м}^2 \text{°C/Вт}, \quad (2.2)$$

де  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару, м;

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу  $i$ -го шару, Вт/(м<sup>2</sup>°C);

$\alpha_n$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні захищаючої конструкції взимку. Приймається для поверхонь, дотичних до зовнішнього повітря, рівним 23 Вт/(м<sup>2</sup>°C);

$\alpha_b$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні захищаючої конструкції взимку. Приймається рівним 8,7 Вт/(м<sup>2</sup>°C).

Коефіцієнт теплопередачі для всіх захищаючих конструкцій обчислюється за формулою:

$$K = \frac{1}{R_{0cc}}, \quad \text{Вт/(м}^2 \text{°C)}, \quad (2.3)$$

Характеристика огорожуючих конструкцій житлового будинку

Стіна:

- цегла силікатна повнотіла

$\delta = 0,25 \text{ м}$      $\lambda = 0,63 \text{ Вт/м}^2 \text{°C}$

|                              |                           |                                              |
|------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|
| - цегла силікатна поризована | $\delta = 0,25 \text{ м}$ | $\lambda = 0,54 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$  |
| - утеплюючий шар             | $\delta = 0,12 \text{ м}$ | $\lambda = 0,075 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ |

Опір теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій  $R_o$ ,  $\text{м}^2$   
 $^\circ\text{С/Вт}$ :

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| зовнішніх стін                             | 2,5 |
| перекриття над неопалювальними підвалами   | 2,6 |
| покриття і перекриття неопалювальних горищ | 3,0 |
| вікон і балконних дверей                   | 0,5 |
| зовнішніх дверей сходової клітки           | 0,6 |

2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу

1. Розрахункова теплова потужність, кВт:

$$Q = Q_1 \cdot b_1 \cdot b_2 + Q_2 - Q_3 \quad (2.4)$$

де  $Q_1$  - розрахункові теплові втрати будинку, кВт

$b_1$  - коефіцієнт, що враховує додаткову теплову потужність системи опалення за рахунок округлення тепловіддачі опалювальних приладів при їх розрахунку у більшу сторону,  $b_1=1,03$ ;

$b_2$  - коефіцієнт, що враховує додаткову тепловіддачу опалювальних приладів, встановлених біля зовнішніх стін при відсутності теплозахисних екранів на стінах,  $b_2 = 1,07$ ;

$Q_2$  - втрати теплоти трубопроводами, прокладеними в неопалювальних приміщеннях, кВт;

$Q_3$  - тепловий потік, що регулярно надходить від освітлення, обладнання і людей в приміщенні, кВт (в розрахунках приймається тільки для системи в цілому  $0,01 \text{ кВт/м}^2$  загальної площі).

2. Розрахункові теплові втрати  $Q_1$ , кВт:

$$Q_1 = \sum q_{\text{пр}} \quad (2.5)$$

$$\sum Q_{\text{пр}} = Q_a + Q_v \quad (2.6)$$

де  $Q_a$  – втрати теплової потужності через зовнішні огорожувальні конструкції кожного приміщення, кВт;

$Q_v$  - втрати теплоти на підігрівання вентиляційного повітря, кВт.

3. Втрати теплової потужності  $Q_a$ , кВт:

$$Q_a = (1/R) \cdot A \cdot (t_v - t_3) \cdot \left(1 + \sum \beta\right) \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (2.7)$$

де  $A$  - розрахункова площа зовнішніх огорожувальних конструкцій, м<sup>2</sup>;

$K$  - опір теплопередачі зовнішньої огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup> К/Вт (приймається по мінімальному значенню, враховуючи температурну зону будівництва [2, табл.1])

$t_v$  - температура внутрішнього повітря для розрахунку систем опалення відповідно до кожного приміщення [1, табл. 4];

$t_3$  - розрахункова температура по параметру Б [7, дод. 8];

$1 + X\beta$  - додаткові втрати теплоти в долях основних втрат,  $\beta=0,05$ ;

$n$  - коефіцієнт враховує втрати теплової потужності через зовнішні огороження у залежності від положення зовнішніх поверхонь відносно зовнішнього повітря (для зовнішніх вертикальних і похилих огорожень  $n=1$ , перекриття над підвалом  $n=0,6$ ; перекриття верхнього поверху, враховуючи горище  $n = 0,9$ ).

Для визначення площ огорожувальних конструкцій з метою подальшого розрахунку тепловтрат будівлі розміри вимірюють за планами та розрізами з точністю до 0,1 м.

Зовнішні стіни (СЗ):

у кутових приміщеннях довжину визначають від внутрішньої площини зовнішньої стіни до осьових ліній внутрішніх стін;

у не кутових — між осями внутрішніх стін.

Висоту вимірюють:

на першому поверсі — від нижньої поверхні перекриття над неопалюваним підпіллям до рівня чистої підлоги другого поверху;

на проміжних поверхах — від чистої підлоги одного поверху до чистої підлоги наступного;

на останньому поверсі — від рівня підлоги до верху конструкції перекриття технічного поверху або горища.

Внутрішні стіни (СВ):

довжину беруть за планами поверхів між внутрішніми площинами зовнішніх стін і осями внутрішніх стін або між самими осями внутрішніх стін;

висоту визначають за розрізами від рівня підлоги до рівня стелі.

Вікна (ВК) та двері (ДЗ) вимірюють за мінімальними будівельними розмірами отворів.

Стелі (СТ) та підлоги (ПЛ):

розміри беруть між осями внутрішніх стін та між внутрішньою поверхнею зовнішньої стіни і віссю внутрішньої.

Площі підлоги та стелі допоміжних приміщень, таких як коридори, комори чи вбиральні без опалювальних приладів, розподіляють пропорційно між прилеглими житловими кімнатами та кухнями.

Ванні кімнати, окремі чи суміщені з вбиральнями, у площу житлових приміщень або кухонь не включають.

Розрахунок площ огорожувальних конструкцій виконують з точністю до 0,1 м<sup>2</sup>.4. Втрати теплової потужності  $Q_B$  кВт:

$$Q_B = 0,337 \cdot L_B \cdot (t_B - t_3) \cdot 10^{-3} \quad (2.8)$$

де  $L_B$  — розрахунковий об'єм повітря, що повинен надходити в приміщення для забезпечення необхідних санітарних умов проживання, що приймається більшою з двох величин:

- за величиною надходження припливного повітря в житлові кімнати, якщо сума об'ємів цих приміщень перевищує суму об'ємів повітря, яке

видаляється з санітарно-технічних приміщень;

- за санітарною нормою повітря, що видаляється з приміщення кухні, санвузла, ванної кімнати, якщо їх сума перевищує розрахункову по припливному повітрю, кВт;

Формула для розрахунку втрат теплової потужності на нагрівання зовнішнього повітря, яке надходить у сходові клітки через зовнішні двері, що періодично відкриваються, має вигляд:

$$Q_v = 0,7 \cdot V \cdot (H + 0,8P) \cdot (t_b - t_3) \cdot 10^{-3} \quad (2.9)$$

де  $V$  – коефіцієнт, який враховує кількість вхідних тамбурів; один тамбур (двоє дверей) -  $V=1,0$ ; два тамбури (троє дверей) -  $V=0,6$ ;

$H$  – висота сходової клітки, м;

$P$  - розрахункова кількість мешканців, яка проживає у будинку:

$$P = A_3/a \quad (2.10)$$

де  $a$  - розрахункова норма загальної опалювальної площі будинку на одного мешканця,  $m^2$ ; у дипломній роботі прийняти  $8 m^2$ .

### 2.3. Визначення питомої втрати теплоти на опалення приміщень

$$Q_3 = 0,01 \cdot A_3 \quad (2.11)$$

де  $0,01$  - питома теплова потужність, кВт/ $m^2$ ;

$A_3$  - загальна опалювальна площа житлового будинку,  $m^2$ .

Питома теплова потужність системи опалення та питома річне споживання теплової енергії

Питома теплова потужність, кВт/ $m^2$ :

$$q = Q/A_3 \quad (2.12)$$

де  $Q$  - розрахункова теплова потужність системи опалення, кВт.

Розрахункове річне (за опалювальний період) споживання теплової енергії системою опалення, ГДж:

$$Q_{\text{рік}} = 0,086 \cdot S \cdot Q \cdot a \cdot b \cdot c / (t_b - t_z) \quad (2.13)$$

де  $S$  - кількість градусо-днів опалювального періоду;

$a$  - коефіцієнт, що дорівнює 0,8; його враховують якщо система опалення обладнана приладами автоматичного зменшення теплової потужності системи опалення у неробочий час; у житлових приміщеннях теплову потужність систем опалення не зменшують, тому коефіцієнт  $a=1$ ;

$b$  - коефіцієнт, що дорівнює 0,9; його враховують, якщо більше 75% опалювальних приладів обладнано на підводках автоматичними терморегулюючими клапанами;

$c$  - коефіцієнт, що дорівнює 0,95; його враховують, якщо в індивідуальному тепловому пункті встановлені прилади автоматичного по фасадного регулювання теплової потужності системи опалення; у курсовому проекті приймаємо  $c=1$ .

Питоме річне споживання теплової енергії, ГДж/м<sup>2</sup>

$$q_{\text{рік}} = Q_{\text{рік}} / A_z$$

### **Розрахунок:**

1. Житлова кутова кімната №101.

Розрахункова температура повітря у приміщенні  $t_b=+20^\circ\text{C}$ . Зовнішні огороження

- зовнішня стіна (СЗ):

Розміри:  $СЗ = 3,543,5 - 1,2 \cdot 1,7 - 1,2 \cdot 2,1 = 7,8 \text{ м}^2$

Опір теплопередачі  $R_o = 2,5$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - (-19) = 39^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огороження  $n=1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огороження становлять:

$$Q_a = (7,8/2,5) \cdot 39 \cdot (1+0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,1283 \text{ кВт.}$$

- зовнішня стіна (СЗ):

$$СЗ = 5,47 \cdot 3,5 = 19,1 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_0 = 2,5$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - (-19) = 39 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огородження  $n = 1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огородження становлять:

$$Q_a = (19,1/2,5) \cdot 39 \cdot (1+0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,3136 \text{ кВт.}$$

- вікно (ВК):

$$ВК = 1,2 \cdot 1,7 = 2,0 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_0 = 0,5$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - (-19) = 39 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огородження  $n = 1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огородження становлять:

$$Q_a = (2,0/0,5) \cdot 39 \cdot (1+0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,1671 \text{ кВт.}$$

- двері зовнішні на балкон (ДЗ):

$$ДЗ = 1,2 \cdot 2,1 = 2,5 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_0 = 0,5$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - (-19) = 39 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огородження  $n = 1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огородження становлять:

$$Q_a = (2,5/0,5) \cdot 39 \cdot (1+0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,2064 \text{ кВт.}$$

- підлога (ПЛ):

$$ПЛ = 3,54 \cdot 5,47 = 19,4 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_0 = 2,6$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - 5 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огороження  $n=0,6$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огороження становлять:

$$Q_a = (19,4/2,6) \cdot 15 \cdot (1+0) \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 0,067 \text{ кВт.}$$

Загальні втрати теплової потужності через зовнішні огороження:

$$Q_a = \sum Q_a = 0,8823 \text{ кВт}$$

Втрати теплової потужності на вентиляцію:

$$L_v = (90+25+50)/5 = 33$$

$$Q_v = 0,337 \cdot 33 \cdot 39 \cdot 10^{-3} = 0,4337 \text{ кВт}$$

Сума втрат теплової потужності

$$Q_1 = 1,316 \text{ кВт.}$$

2. Житлова не кутова кімната №205:

Розрахункова температура повітря в приміщенні  $t_v = +18^\circ\text{C}$ . Зовнішні огороження

- зовнішня стіна (СЗ):

$$\text{Розміри: } СЗ = 3,14 \cdot 3,2 - 1,2 \cdot 1,5 - 1,2 \cdot 2,1 = 5,7 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_0 = 2,5$ .

$$\text{Різниця температур } (t_v - t_z) = 18 - (-19) = 37^\circ\text{C}.$$

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огороження  $n=1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огороження становлять:

$$Q_a = (5,7/2,5) \cdot 37 \cdot (1+0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,089 \text{ кВт.}$$

- вікно (ВК):

$$ВК = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_0 = 0,5$ .

$$\text{Різниця температур } (t_v - t_z) = 18 - (-19) = 37^\circ\text{C}.$$

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огороження  $n=1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огороження становлять:

$$Q_a = (1,8/0,5) \cdot 37 \cdot (1+0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,1399 \text{ кВт.}$$

- двері зовнішні на балкон (ДЗ):

$$ДЗ = 1,2 \cdot 2,1 = 2,5 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_o = 0,5$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - (-19) = 39 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огороження  $n = 1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огороження становлять:

$$Q_a = (2,5/0,5) \cdot 37 \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,1958 \text{ кВт.}$$

Загальні втрати теплової потужності через зовнішні огороження:

$$Q_a = \sum Q_a = 0,4247 \text{ кВт}$$

$$L_b = (90 + 25 + 50)/3 = 55$$

$$Q_b = 0,337 \cdot 55 \cdot 37 \cdot 10^{-3} = 0,6858 \text{ кВт}$$

Сума втрат теплової потужності

$$Q_1 = 1,111 \text{ кВт.}$$

3. Житлова не кутова кімната №516:

Розрахункова температура повітря у приміщенні  $t_b = +20\text{ }^\circ\text{C}$ .

Зовнішні огороження

- зовнішня стіна (СЗ):

$$\text{Розміри: } СЗ = 3,54 \cdot 3,2 - 1,2 \cdot 1,7 = 6,8 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_o = 2,5$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - (-19) = 39 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огороження  $n = 1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огороження становлять:

$$Q_a = (6,8/2,5) \cdot 39 \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,1109 \text{ кВт.}$$

- вікно (ВК):

$$ВК = 1,2 \cdot 1,7 = 2,0 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_o = 0,5$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - (-19) = 39 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огороження  $n = 1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огороження становлять:

$$Q_a = (2,0/0,5) \cdot 39 \cdot (1+0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,1671 \text{ кВт.}$$

- двері зовнішні на балкон (ДЗ):

$$ДЗ = 1,2 \cdot 2,1 = 2,5 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_0 = 0,5$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - (-19) = 39 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0,05$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огороження  $n = 1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огороження становлять:

$$Q_a = (2,5/0,5) \cdot 39 \cdot (1+0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,2064 \text{ кВт.}$$

- двері зовнішні (ДЗ):

$$ДЗ = 1,2 \cdot 2,1 = 2,5 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_0 = 0,5$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - 16 = 4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огороження  $n = 1$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огороження становлять:

$$Q_a = (2,5/0,5) \cdot 4 \cdot (1+0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,0202 \text{ кВт.}$$

- стеля (СТ):

$$СТ = 3,54 \cdot 5,77 = 20,4 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі  $R_0 = 3$ .

Різниця температур  $(t_b - t_z) = 20 - 5 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти  $\beta = 0$ .

Коефіцієнт положення зовнішнього огороження  $n = 0,9$ .

Втрати теплової потужності через зовнішні огороження становлять:

$$Q_a = (20,4/3) \cdot 15 \cdot (1+0) \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} = 0,0919 \text{ кВт.}$$

Загальні втрати теплової потужності через зовнішні огороження:

$$Q_a = \sum Q_a = 0,5964 \text{ кВт}$$

$$L_b = (90 + 25 + 50) / 3 = 55$$

$$Q_b = 0,337 \cdot 55 \cdot 39 \cdot 10^{-3} = 0,7229 \text{ кВт}$$

Сума втрат теплової потужності

$$Q_1=1,319 \text{ кВт.}$$

Розрахунок втрат теплової потужності зводимо до таблиці 1.1 додатка 1.

2.4. Складання теплового балансу приміщення. Визначення теплової потужності системи опалення

Розрахункова кількість мешканців, яка проживає у будинку:  $P=A_3/a = 2700, 65/20=340$

Втрати теплової потужності на нагрівання зовнішнього повітря, яке надходить у сходові клітки:  $Q_v = 0,7 V(H+0,8P) (t_v - t_3) \cdot 10^{-3} = 0,7 \cdot 1(16,8+0,8 \cdot 340)(16+19)10^{-3} = 7,056 \text{ кВт}$

Втрати теплової потужності  $Q_3$ :  $Q_3 = 0,01A_3 = 0,01 \cdot 2700 = 27 \text{ кВт}$

Розрахункова теплова потужність:

$$Q = Q_1 b_1 b_2 + Q_2 - Q_3 = 105,798 \cdot 1,03 \cdot 1,07 - 27 = 89,6 \text{ кВт.}$$

Питома теплова потужність,  $\text{кВт/м}^2$ :  $q = Q/A_3 = 89,6/2700 = 0,033 \text{ кВт} = 33 \text{ Вт/м}^2 < 53 \text{ Вт/м}^2$

Розрахункове річне (за опалювальний період) споживання теплової енергії системою опалення:  $Q_{\text{рік}} = 0,086SQ_a b c / (t_v - t_3) = 0,086 \cdot 3024 \cdot 89,6 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1/39 = 537,73 \text{ ГДж.}$

Питоме річне споживання теплової енергії:  $q_{\text{рік}} = Q_{\text{рік}}/A_3 = 537,73/2700 = 0,21 \text{ ГДж/м}^2 < 0,41 \text{ ГДж/м}^2$ .

2.5. Обрання та обґрунтування типу системи опалювання та опалювальних приладів

На сьогодні водяні системи опалення є одними з найбільш розповсюджених у теплопостачанні. У нашому проекті обрана двотрубна вертикальна схема з покімнатними відгалуженнями та нижнім розташуванням подавальних трубопроводів.

Система опалення отримує теплову енергію від центральної котельні.

При виборі типу системи опалення враховувалися такі фактори:

- функціональне призначення будівлі, для якої розробляється система;

- розташування об'єкта на території міста, району чи іншої зони;
- особливості режиму роботи об'єкта;
- дотримання технічних, екологічних, санітарних та інших нормативних вимог відповідно до СНіП.

Для опалення використані чавунні радіатори, які відповідають вимогам ефективного тепловіддавання та надійності.

## 2.6. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень

Розрахункова потужність опалювальних приладів  $\Sigma Q_{\text{пр}}$ , встановлених у кожному приміщенні будинку, дорівнює втратам теплової потужності цим приміщенням:

$$\sum Q_{\text{пр}} = Q_a + Q_v \pm Q_{\text{вн}} - 0,9 Q_{\text{тр}} \quad (2.14)$$

де  $Q_a$  - втрата теплової потужності через зовнішні огороження приміщення, Вт;

$Q_v$  - витрата теплової потужності на нагрівання зовнішнього повітря, яке надходить у приміщення для його вентиляції у відповідності до санітарних  $Q_{\text{норм}}$ , Вт;

$Q_{\text{вн}}$  - втрата теплової потужності приміщенням через внутрішні огороження у суміжні приміщення (брати зі знаком плюс), або надходження теплової потужності у приміщення через внутрішні огороження із суміжних приміщень (брати зі знаком мінус);

$Q_{\text{тр}}$ , - надходження у приміщення теплової потужності від нетеплоізованих труб системи опалення, проложених у цьому приміщенні, Вт.

Отриману необхідну для опалення приміщення теплову потужність розподіляють між опалювальними приладами, передбаченими проектом до встановлення в цьому приміщенні, тобто знаходять потрібну теплову потужність кожного опалювального приладу  $Q^{\circ}$ . Якщо в приміщенні передбачено установити один опалювальний прилад, то

$$Q^B = \sum Q_{\text{пр}}, \text{ кВт} \quad (2.15)$$

Розраховують номінальну потрібну теплову потужність кожного опалювального приладу:

$$Q^{\text{нв}} = \frac{Q^B}{\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3}, \text{ кВт} \quad (2.16)$$

де  $\varphi_1$  - коефіцієнт враховує вплив температурного напору на теплову потужність опалювального приладу:

$$\varphi_1 = \left( \frac{\Delta t_T}{70} \right)^n \quad (2.17)$$

$$\Delta t_T = \frac{t_r + t_o}{2} - t_b \quad (2.18)$$

де  $\Delta t_T$  - температурний напір, °C;  $t_r$ ,  $t_o$ , - розрахункові температури води, відповідно на вході в опалювальний прилад і на виході із нього °C;  $t_b$  - розрахункова температура повітря у приміщенні, °C;  $\varphi_2$  - коефіцієнт, враховує вплив витрати теплоносія води через опалювальний прилад на його теплову потужність:

$$\varphi_2 = \left( \frac{G}{0.1} \right)^m \quad (2.19)$$

де  $G$  – витрата теплоносія води через опалювальний прилад:

$$G = \frac{Q^B}{c(t_r - t_o)} \text{ кг/с} \quad (2.20)$$

де  $c = 4187 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}$  - питома теплоємність води;  $\varphi_3$  - коефіцієнт враховує вплив атмосферного тиску на теплову потужність опалювального приладу; якщо місцевість будівництва розміщена на висоті до 500 м над рівнем моря, то допустимо прийняти  $\varphi_3 = 1,0$ ;  $n$  і  $m$  - експериментальні коефіцієнти, їх значення залежить від типу опалювального приладу та витрати теплоносія через опалювальний прилад; для чавунних секційних радіаторів типу МС 140, МС 90 значення коефіцієнтів наведено у додатку до цих методичних вказівок.

Якщо у проекті прийнято чавунні секційні радіатори, то розраховують потрібне число секцій у радіаторі:

$$N^B = \frac{Q^{HB}}{q^H} \cdot \beta_1 \beta_2 \beta_3 \text{ секцій} \quad (2.21)$$

де  $q^H$  – номінальна теплова потужність однієї секції при номінальних умовах, Вт;  $\beta_1$  – коефіцієнт враховує схему подачі теплоносія води у радіатор і витрату теплоносія води в радіаторі (наведено у додатку до цих методичних вказівок);  $\beta_2$  – коефіцієнт враховує спосіб установки радіатора (при відкритій установці та при установці в ніші глибиною до 130 мм  $\beta_2 = 1$ ; при установці радіатора у ніші глибиною більше 130 мм або у два ряди по висоті  $\beta_2 = 1,05$ ;  $\beta_3$  – коефіцієнт враховує число секцій в одному радіаторі (якщо у радіаторі до 5 секцій –  $\beta_3 = 0,93$ , від 5 до 10 секцій –  $\beta_3 = 1,0$ , більше 10 секцій –  $\beta_3 = 1,03$ ).

Розраховане потрібне дрібне число секцій  $N^B$  округляють до цілого числа секцій  $N^P$ . Допустимо округляти число секцій (в більшу і) в меншу сторони. При зменшенні числа секцій у радіаторі потрібну теплову потужність опалювального приладу допустимо зменшити не більше ніж на 5% , але 5% теплової потужності повинні бути не меншими за мінус 60 Вт.

Розраховують номінальну розрахункову теплову потужність радіатора:

$$Q^{HP} = \frac{N^P \cdot q^H}{\beta_1 \beta_2 \beta_3}, \quad (2.22)$$

де  $N^P$  – число секцій у радіаторі після округлення, шт.

Розраховують потрібну розрахункову теплову потужність радіатора:

$$Q^{BP} = Q^{HP} \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \quad (2.23)$$

Розраховують розбіжність між потрібною розрахунковою тепловою потужністю радіатора та потрібною тепловою потужністю радіатора:

абсолютна розбіжність :

$$H_a = Q^{BP} - Q^B \geq -60 \text{ Вт}; \quad (2.24)$$

відносна розбіжність:

$$H_{\text{в}} = \frac{Q^{\text{вп}} - Q^{\text{в}}}{Q_{\text{с}}} \cdot 100 \geq -5\% \quad (2.25)$$

Покажемо тепловий розрахунок опалювальних приладів на прикладі однієї із кімнат нашого будинку (наприклад перша кімната першого поверху).

Температурний напір:

$$\Delta t = (90 + 70) / 2 - 20 = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Витрата теплоносія через радіатор:  $G = 1316 / 4187(90 - 70) = 0,0157 \text{ кг/с}$ .

По додатку, що наведений в методичних вказівках:  $n = 1,3$ ,  $m = 0,00$ ,  $\beta_1 = 1,00$ .

$$\varphi_1 = \left( \frac{60}{70} \right)^{1,3} = 0,8184$$

$$\varphi_1 = \left( \frac{0,0157}{0,1} \right)^0 = 1,00$$

Номінальна потрібна теплова потужність радіатора:

$$Q^{\text{нв}} = \frac{1316}{0,8184 \cdot 1} = 1608 \text{ Вт}$$

Потрібне число секцій у радіаторі (опалювальний прилад розміщений у ніші, тому  $\beta_2 = 1,0$ ; за попереднім розрахунком  $\beta_3 = 1,0$ ):

$$N^{\text{в}} = \frac{1608}{185} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 8,69 \text{ секцій}$$

Округляємо кількість секцій до 9. Номінальна розрахункова теплова потужність радіатора з 9-ти секцій:

$$Q^{\text{н.р}} = 9 \cdot 185 / 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1665 \text{ Вт}$$

Потрібна розрахункова теплова потужність радіатора з шести секцій:

$$Q^{\text{в.р}} = 1665 \cdot 0,8184 \cdot 1,0 = 1363 \text{ Вт}$$

Розбіжність між потрібною розрахунковою та розрахунковою тепловою потужністю радіатора за формулами:

абсолютна:  $H_{\text{а}} = 1363 - 1316 = 46,6 > - 60 \text{ Вт}$

відносна:  $H_{\text{в}} = (1363 - 1316) \cdot 100 / 1316 = 3,545\% > - 5\%$

Розбіжність знаходиться у допустимих межах.

Відповідь: приймаємо 9 секцій у радіаторі типу МС 140-108 і результати заносимо у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

**Розрахунок опалювальних приладів**

| № | Найменування приміщення | Наймен. кімнат                  | $L_B$ | кількість приладів | $L_B$ для кожної кімнати   | $t_B$                      | $t_3$                           | $(t_B - t_3)$              | Втрати теплоти, $Q_B$ , кВт                    |
|---|-------------------------|---------------------------------|-------|--------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|
| 1 | 2                       | 3                               | 4     | 5                  | 6                          | 7                          | 8                               | 9                          | 10                                             |
| 1 | Блок                    | 101<br>102<br>103<br>121<br>122 | 165,0 | 5                  | 33<br>33<br>33<br>33<br>33 | 20<br>18<br>20<br>20<br>20 | -19<br>-19<br>-19<br>-19<br>-19 | 39<br>37<br>39<br>39<br>39 | 0,4337<br>0,4115<br>0,4337<br>0,4337<br>0,4337 |
| 2 | Блок                    | 118<br>119<br>120               | 165,0 | 3                  | 55<br>55<br>55             | 18<br>20<br>20             | -19<br>-19<br>-19               | 37<br>39<br>39             | 0,6858<br>0,7229<br>0,7229                     |
| 3 | Блок                    | 104<br>105<br>117               | 165,0 | 3                  | 55<br>55<br>55             | 20<br>18<br>20             | -19<br>-19<br>-19               | 39<br>37<br>39             | 0,7229<br>0,6858<br>0,7229                     |
| 4 | Блок                    | 106<br>107<br>116               | 165,0 | 3                  | 55<br>55<br>55             | 18<br>20<br>20             | -19<br>-19<br>-19               | 37<br>39<br>39             | 0,6858<br>0,7229<br>0,7229                     |
| 5 | Блок                    | 113<br>114<br>115               | 165,0 | 3                  | 55<br>55<br>55             | 20<br>20<br>18             | -19<br>-19<br>-19               | 39<br>39<br>37             | 0,7229<br>0,7229<br>0,6858                     |
| 6 | Блок                    | 108<br>109<br>110<br>111<br>112 | 165,0 | 5                  | 33<br>33<br>33<br>33<br>33 | 20<br>18<br>20<br>20<br>20 | -19<br>-19<br>-19<br>-19<br>-19 | 39<br>37<br>39<br>39<br>39 | 0,4337<br>0,4115<br>0,4337<br>0,4337<br>0,4337 |
|   | сходова клітина         |                                 |       |                    |                            | 16                         | -19                             | 35                         | 2,842                                          |

$$Q_B = 12,8188 \cdot 5 + 2,842 = 66,936$$

Тепловий розрахунок опалювальних приладів зводимо в таблицю 2.1 додатка 2.

2.7. Розробка аксонометричної схеми опалення з нанесенням на неї опалювальних приладів, стояків, магістральних теплопроводів та інших елементів системи

У житловому будівництві для систем опалення та внутрішнього теплопостачання переважно використовується вода як теплоносії. Використання інших теплоносіїв можливе лише за умови відповідного техніко-економічного обґрунтування. У водяних системах опалення теплоносії проходить послідовно через магістральні трубопроводи, стояки, опалювальні прилади, зворотні стояки та повертається до джерела тепла.

Для п'ятиповерхового гуртожитку в даному проекті обрана двотрубна вертикальна схема з покімнатним відгалуженням. Аксонометрична схема системи опалення наведена у графічній частині проекту.

Такі аксонометричні схеми та робочі креслення технологічних вузлів трубопроводів зазвичай розробляють для об'єктів із складною трубопровідною мережею. Вони дають наочне уявлення про розміщення труб, діаметри, ухили, місця встановлення арматури, а також про розташування спусків води.

На основі аксонометричної схеми розподільчу мережу ділять на розрахункові ділянки для визначення їх довжин.

У проекті системи водяного опалення виконано аксонометричну схему нижньої розводки трубопроводів.

2.8. Розрахунок головного циркуляційного кільця з ув'язкою двох-трьох паралельних циркуляційних кілець. Підбір циркуляційного насоса за типом та параметрами

Для проведення гідравлічного розрахунку на окремому аркуші створюємо аксонометричну схему системи опалення. Над кожним радіатором вказуємо його розрахункову теплову потужність у ватах. Для кожного стояка підраховуємо сумарну теплову потужність усіх приладів, підключених до нього, і проставляємо це значення над виносною полицею, поруч із номером стояка.

Далі визначаємо теплову потужність кожної гілки системи і виділяємо ту, що має найбільше навантаження. Основним циркуляційним контуром вважаємо шлях від індивідуального теплового пункту (ІТП) по розподільчій магістралі відповідної гілки з максимальною тепловою потужністю, через радіатор на першому поверсі до найбільш віддаленого стояка, а потім по збірній магістралі назад до ІТП.

Основний контур розбиваємо на окремі ділянки, кожній з яких присвоюємо порядковий номер для подальшого розрахунку.

#### Гідравлічний розрахунок основного циркуляційного контуру

Розрахунковий циркуляційний тиск для створення циркуляції води в двотрубній системі опалення розраховують за формулою:

$$\Delta P_p = \Delta P_n + 0,4\Delta P_{гр.пр}, \text{Па} \quad (2.26)$$

де  $\Delta P_n$  - розрахунковий насосний тиск, Па

$\Delta P_{гр.пр}$  - розрахунковий гравітаційний тиск, який виникає внаслідок охолодження води в опалювальних приладах, Па розраховують за формулою:

$$\Delta P_{гр.} = q(\rho_0 - \rho_r)h \approx \beta q h(t_r - t_0), \text{Па} \quad (2.27)$$

де  $q = 9,81 \text{ м/с}^2$  - прискорення вільного падіння;

$\rho_0$  - розрахункова густина води на виході з системи опалення при  $70^\circ \text{C}$ ;

$\rho_r$  - те саме на вході в систему  $90^\circ \text{C}$ ;

$\beta$  - середнє прирощення густини води при зниженні її температури на  $1^\circ \text{C}$ ;  $\beta = 0,64 \text{ кг/м}^3 \cdot ^\circ \text{C}$ ;

$h$  - різниця відміток між умовними центрами охолодження води в опалювальному приладі нижнього поверху і нагрівання води в системі опалення, м.

Розраховують витрату води на кожній ділянці

$$G_q = \frac{3600 Q_q}{c \cdot (t_r - t_0)} \cdot b_1 \cdot b_2, \text{кг/год} \quad (2.28)$$

де  $b_1$ - поправочний коефіцієнт ; враховує збільшення теплової потужності опалювального приладу за рахунок округлення на більшу величину при розрахунку його теплової потужності ; для радіаторів типу МС-140  $b_2 = 1,06$ ;

$b_2$  - поправочний коефіцієнт враховує додаткову тепловіддачу опалювальних приладів, установлених біля зовнішніх стін при відсутності теплозахисних екранів на стінах; у курсовому проекті необхідно передбачити установку теплозахисних екранів, тому  $b_2 = 1,0$ ;

$Q_q$  - тепла потужність ділянки, Вт.

Розраховують середнє значення питомих лінійних втрат тиску на тертя в основному циркуляційному контурі

$$R_{\text{сер}} = \frac{0.65 \cdot \Delta P_p}{\sum l_{\text{о.ц.к.}}} \quad (2.29)$$

де 0,65 - орієнтовна частка втрат тиску на тертя в основному циркуляційному контурі від розрахункових втрат  $\Delta P_p$  ; орієнтовна частка втрат тиску в місцевих опорах складає:  $1 - 0,65 = 0,35$ .

Для основного циркуляційного контуру  $R_{\text{сер}}$  має найменше значення, порівнюючи зі значеннями для другорядних циркуляційних контурів.

Орієнтуючись на  $R_{\text{сер}}$  в залежності від витрати води на ділянки  $Q_q$  , в межах ( $a > \max$ ) максимальної допустимої швидкості води в трубах 1 м/с, по таблиці Д1, приведеній в додатку, знаходять питомі втрати на тертя на ділянках  $K_q$  , діаметр труб на ділянці  $d_9$  і швидкість води на ділянці  $\omega_9$  .

З метою забезпечення теплової і гідравлічної стійкості системи опалення, рекомендовано швидкість води на ділянках поступово зменшувати зі зменшенням витрати води на подавальних ділянках і поступово збільшувати зі збільшенням витрати води на зворотних ділянках, але без різких стрибків.

Розраховують втрати тиску на тертя на ділянці :  $K_9 l_9$  .

Знаходять суму коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці  $\sum \zeta_q$  і розраховують втрати тиску в місцевих опорах ділянки

$$z_q = \sum \zeta_q \frac{\rho \cdot \omega_q^2}{2}, \text{Па} \quad (2.30)$$

де  $\rho$  - густина води при середній температурі води 60 °C

$$\rho = 983,2 \text{ кг/м}^3.$$

Втрати тиску в місцевих опорах допустимо розраховувати по таблиці.  $K_{\text{м.о.}}$  на межі двох ділянок (трійники, хрестовини) відносять до ділянки з меншою тепловою потужністю (меншою витратою води). Розраховують загальні втрати тиску на кожній ділянці:

$$\Delta P_q = R_q l_q + z_q, \text{ Па} \quad (2.31)$$

Загальні розрахункові втрати тиску в основному циркуляційному контурі дорівнюють сумі втрати тиску на усіх ділянках:

$$\Delta P_{\text{о.ц.к}} = \sum (R_q l_q + z_q), \text{ Па} \quad (2.32)$$

Зміною діаметрів труб на окремих ділянках необхідно досягти запасу тиску в основному циркуляційному контурі у межах 5...10%. Запас тиску розраховують за формулою:

$$\frac{\Delta P_{\text{о.ц.к}}}{\Delta P_p} = \frac{\sum (R_q l_q + z_q)}{\Delta P_p} \cdot 100 = 5 \dots 10\% \quad (2.33)$$

Запас 5...10% розрахункового тиску необхідний тому, що під час експлуатації гідравлічний опір системи зростає у зв'язку з корозією внутрішньої поверхні труб і збільшення її жорсткості. Отримані при розрахунку діаметри труб необхідно написати на аксонометричній схемі системи опалення.

#### Розглянемо на прикладі першої ділянки

Вибираємо основний циркуляційний контур. Він проходить: елеватор Г.С-Ст.4 - опалювальний прилад першого поверху - елеватор. Довжина основного циркуляційного контуру - 106,3 м.

Розрахунковий циркуляційний тиск за формулами:

$$\Delta P_p = 100 \cdot 106,3 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 2,05 (90-70) = 10732,97 \text{ Па.}$$

Середні питомі лінійні втрати тиску на тертя в трубах за формулою:

$$R_{\text{ср}} = 0,65 \cdot 100 \cdot 6,73 \cdot 32,97 = 65,63 \approx 66 \text{ Па/м}$$

Гідравлічний розрахунок ділянки 1. Витрата води за формулою:

$$G = 3600 \cdot 130810 \cdot 1,06 = 5961 \text{ кг/год. } 4187 \cdot (90-70)$$

Для витрати води 5961 кг/год, орієнтуючись на  $R_{\text{сер}} = 66 \text{ Па/м}$  і рекомендовану швидкість води в трубах до 1,0 м/с знаходимо:  $D_y 50$ ,  $\omega = 0,736 \text{ м/с}$ ,  $R = 144 \text{ Па/м}$ .

Втрати тиску на тертя:  $R_l = 144 \cdot 24,4 = 3513,6 \text{ Па}$  Коефіцієнт місцевих опорів:

Відвід гнугий 90°

$$D_y 40: 3 \times 0,3 = 0,9$$

кран прохідний пробковий

$$D_y 32 : 1 \times 1,5 = 1,5$$

разом:

$$2,4$$

Втрати тиску в місцевих опорах  $Z = 635,34 \text{ Па}$  Загальні втрати тиску на ділянці 1  $R_l + Z = 3513,6 + 635,34 = 4148,94 \text{ Па}$

Розрахунок інших ділянок виконуємо аналогічно першій та зводимо їх до додатку 3.

Запас тиску розраховуємо за формулою:

$$\frac{\Delta P_p - \sum(R_q l_q + z_q)}{\Delta P_p} \cdot 100 = 5 \dots 10\%$$

$$\frac{10732,97 - 10187,513}{10732,97} \cdot 100 = 5,1\%$$

Запас тиску забезпечено. Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

### Гідравлічний розрахунок системи опалення

| вихідні величини |        |           |       | розраховані величини |        |         |            |          |        |                   |
|------------------|--------|-----------|-------|----------------------|--------|---------|------------|----------|--------|-------------------|
| ділянка          | Q, Вт  | G, кг/год | j, м  | $D_y$ , мм           | V, м/с | R, Па/м | $R_i$ , Па | $\Sigma$ | z, Па  | $R_i \div z$ , Па |
| 1                | 130810 | 5960,96   | 24,40 | 50                   | 0,736  | 144     | 3513,6     | 2,4      | 635,34 | 4148,94           |
| 2                | 84740  | 3861,57   | 0,43  | 50                   | 0,476  | 67,2    | 28,896     | 3,5      | 374,22 | 403,116           |
| 3                | 65405  | 2980,48   | 0,62  | 40                   | 0,606  | 137     | 84,94      | 2        | 359,2  | 444,14            |
| 4                | 46070  | 2099,39   | 3,73  | 40                   | 0,428  | 69,3    | 258,489    | 2        | 171,8  | 430,289           |
| 5                | 27054  | 1232,84   | 17,98 | 32                   | 0,329  | 50      | 899        | 6        | 317,2  | 1216,2            |
| 6                | 22280  | 1015,29   | 3,20  | 25                   | 0,468  | 142     | 454,4      | 2        | 214    | 668,4             |
| 7                | 16292  | 742,42    | 3,20  | 25                   | 0,343  | 78,4    | 250,88     | 3        | 172    | 422,88            |
| 8                | 10304  | 469,55    | 3,20  | 25                   | 0,215  | 32      | 102,4      | 3        | 67,8   | 170,2             |
| 9                | 5988   | 272,87    | 3,20  | 25                   | 0,127  | 12      | 38,4       | 2,5      | 19,72  | 58,12             |
| 10               | 3521   | 160,45    | 7,70  | 25                   | 0,074  | 4,5     | 34,65      | 4,5      | 32,14  | 66,79             |
| 11               | 1213   | 55,28     | 6,80  | 25                   | 0,026  | 0,55    | 3,74       | 3        | 2,846  | 6,586             |
| 12               | 3521   | 160,45    | 8,54  | 32                   | 0,044  | 1,2     | 10,248     | 2        | 14,34  | 24,588            |
| 13               | 5988   | 272,87    | 0,50  | 32                   | 0,073  | 3       | 1,5        | 3,5      | 9,124  | 10,624            |
| 14               | 27054  | 1232,84   | 15,80 | 40                   | 0,251  | 25      | 395        | 3        | 92,4   | 487,4             |

|    |        |                     |      |    |       |     |       |     |                      |         |
|----|--------|---------------------|------|----|-------|-----|-------|-----|----------------------|---------|
| 15 | 46070  | 2099,39             | 2,80 | 50 | 0,258 | 19  | 53,2  | 3   | 97,621               | 150,82  |
| 16 | 130810 | 5960,96             | 4,20 | 50 | 0,736 | 144 | 604,8 | 3,3 | 873,62               | 1478,42 |
|    |        | $\Sigma_L = 106,30$ |      |    |       |     |       |     | $\Sigma = 10187,513$ |         |

## 2.9. Визначення ємності бака розширювача

Розширювальний бак призначено для компенсації коливань витрат води у системі опалення. Корисна ємність розширювального баку визначається за формулою:

$$V_{p.b} = 5\% \cdot V_c,$$

де  $V_c$  – об'єм води, що заповнює систему опалення, л.

Об'єм води, що заповнює систему опалення, в свою чергу, визначається за формулою:

$$V_c = \sum V_{mp}. \quad (2.34)$$

Для кожної ділянки системи визначаємо  $V_{mp}$  за формулою:

$$V_{np1} = l \cdot \pi \cdot r^2 = 9 \cdot 31.6 \cdot 3.14 \cdot 0.016^2 = 0.23 \text{ м}^3;$$

$$V_{np2} = 5 \cdot 31.6 \cdot 3.14 \cdot 0.0125^2 = 0.078 \text{ м}^3;$$

$$V_{np3} = 92.2 \cdot 3.14 \cdot 0.01^2 = 0.029 \text{ м}^3;$$

$$V_c = 0.23 + 0.078 + 0.029 = 0.337 \text{ м}^3;$$

$$V_{p.b} = 0.05 \cdot 0.337 = 0.017 \text{ м}^3.$$

## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ГЕЛЮКОЛЕКТОРНОГО ПОЛЯ

### 3.1. Розрахунки кліматичних характеристик

Місто Вінниця знаходиться у центральній частині України. Клімат міста помірно-континентальний з м'якою зимою і спекотним літом. Середньорічна температура повітря складає 8,5 °С; найбільш низька вона у січні (мінус 5,5 °С), найвища у липні (21,3 °С).

В таблиці 3.1 приведені основні кліматичні характеристики м. Вінниця  $\varphi_p=52,5^{\text{B}}$  с. ш.

Таблиця 3.1

**Основні кліматичні характеристики м. Вінниця**

| Місяці                              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   |
|-------------------------------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Середня денна температура, °С       | -5,5 | -4,1 | 0,8  | 9,4  | 16,0  | 19,6 | 21,3 | 20,6 | 15,4 | 8,4  | 2,5 | -2,1 |
| Амплітуда коливання температури     | 5    | 5    | 5    | 8    | 10    | 9    | 9    | 10   | 11   | 7    | 3   | 3    |
| Тривалість світлового дня, г.       | 8,76 | 10,4 | 11,8 | 13,6 | 15,17 | 16   | 15,6 | 14,4 | 12,6 | 10,9 | 9,3 | 8,4  |
| Коефіцієнт сонячного випромінювання | 0,18 | 0,24 | 0,39 | 0,45 | 0,55  | 0,6  | 0,7  | 0,71 | 0,61 | 0,47 | 0,3 | 0,2  |
| Швидкість повітряних мас, м/с       | 5,4  | 5,7  | 5,2  | 5,0  | 4,4   | 3,8  | 3,7  | 3,8  | 4,1  | 4,6  | 4,9 | 5,2  |

Температура зовнішнього повітря для і-тої години j-того місяця можна визначити за формулою:

$$t_{ij} = t_j + 0.5k_iA_j, \quad (3.1)$$

де  $t_j$  – середньодобова температура повітря j-того місяця, [°С] ;

$A_j$  – середньодобова амплітуда коливання температури в j-тому місяці, [°С]

$k_i$  – коефіцієнт перерахунку для і-тої години (таблиця 3.2) і на (рис. 3.1);

Коефіцієнт перерахунку для і-тої години

|       | Години |      |     |      |      |      |    |    |      |      |
|-------|--------|------|-----|------|------|------|----|----|------|------|
|       | 8      | 9    | 10  | 11   | 12   | 13   | 14 | 15 | 16   | 17   |
| $k_i$ | 0      | 0,26 | 0,5 | 0,71 | 0,87 | 0,97 | 1  | 1  | 0,97 | 0,87 |

Розрахунки установки гарячого водопостачання виконується по годинним сумах прямої і розсіяної сонячної радіації і температурою зовнішнього повітря. В атласі приведена інформація про інтенсивність сонячної радіації при безхмарному небі. Перерахуємо відомі довідникові дані для м. Київ 50,5<sup>б</sup> с.ш., для Вінниці з широтою 49,0 с. ш. перерахунок будемо вести по лінійній емпіричній залежності для горизонтальної поверхні:

$$E_{\text{мр}} = E_{\text{мб}} \cdot (1 + 0,024 \cdot (\varphi_{\text{б}} - \varphi_{\text{р}})), \quad (3.2)$$

де  $E_{\text{мр}}$  – максимально розрахункове значення інтенсивності сонячної радіації, [Вт/ м<sup>2</sup>];

$E_{\text{мб}}$  – базова інтенсивність сонячної радіації в м. Києві, [Вт/ м<sup>2</sup>];

$\varphi_{\text{б}} = 50,5^\circ$  широта м. Києва (базова);

$\varphi_{\text{р}} = 49,0^\circ$  розрахункова широта.

З урахуванням того, що широта  $\varphi_{\text{р}}$  і  $\varphi_{\text{б}}$  відомі, то рівняння можна переписати у виді:

$$E_{\text{мр}} = E_{\text{мб}} \cdot (1 + 0,024 \cdot (50,5 - 48,5)) = E_{\text{мб}} \cdot 1,048;$$

Дані базової інтенсивності сонячної радіації для 11-12 годин дня, приведені в таблиці 3.3.

Дані базової інтенсивності сонячної радіації

| Місяці                                 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $E_{\text{л.б.}}$<br>Вт/м <sup>2</sup> | 315 | 490 | 655 | 765 | 865 | 880 | 845 | 785 | 675 | 510 | 355 | 280 |

За формулою розрахуємо значення потужності сонячної радіації:

Для 1 місяця:

$$E_{\text{мр}} = 315 \cdot 1,048 = 330,12 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Для наступних місяців розрахунки проводяться аналогічно, результати розрахунків зведені в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4

Інтенсивність в м. Вінниця

| Місяці                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $E_{\text{мр}}$ ,<br>Вт/м <sup>2</sup> | 330,1 | 513,5 | 686,4 | 801,7 | 906,5 | 922,2 | 885,6 | 822,7 | 707,4 | 534,5 | 372,0 | 293,4 |

### 3.2. Щомісячний прихід енергії на 1 м<sup>2</sup>

Для обчислення щомісячного приходу енергії на 1 м<sup>2</sup> використовується емпірична формула:

$$E_{\text{міс}} = \frac{7200}{\pi} \cdot E_{\text{мр}} \cdot \tau_{\text{с}} \cdot \psi_{\text{міс}} \cdot n_{\text{міс}} \quad (3.3)$$

де  $E_{\text{мр}}$  – максимальне розрахункове значення інтенсивності сонячної радіації, [Дж/(м<sup>2</sup>·міс)]. (з таблиці 3.4);

$\tau_{\text{с}}$  – тривалість світлового дня, [г.] (з таблиці 3.1);

$\psi_{\text{міс}}$  – коефіцієнт сонячного випромінювання. (з таблиці 3.1);

$n_{\text{міс}}$  – кількість днів в місяці.

Щомісячний прихід енергії на 1 м<sup>2</sup> горизонтальної поверхні визначається за формулою представленої вище, для розрахунків порівняємо зведеною таблицю 3.5.

Щомісячний прихід енергії на  $1 \text{ м}^2$ 

| Місяці                                                          | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11   | 12    |
|-----------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| $E_{\text{мр}}$                                                 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |
| $\text{Вт/ м}^2$                                                | 330,1 | 513,5 | 686,4 | 801,7 | 906,5 | 922,2 | 885,6 | 822,7 | 707,4 | 534,5 | 372  | 293,4 |
| $\tau_{\text{с, ч.}}$                                           | 8,76  | 10,35 | 11,8  | 13,6  | 15,17 | 16    | 15,66 | 14,4  | 12,63 | 10,93 | 9,3  | 8,4   |
| $\psi_{\text{с}}$                                               | 0,18  | 0,24  | 0,39  | 0,45  | 0,55  | 0,61  | 0,67  | 0,71  | 0,61  | 0,47  | 0,29 | 0,18  |
| $N_{\text{міс, шт}}$                                            | 31    | 28    | 31    | 30    | 31    | 30    | 31    | 31    | 30    | 31    | 30   | 31    |
| $E_{\text{міс,}} \cdot 10^8$<br>$\text{Дж/( м}^2 \text{ день)}$ | 0,37  | 0,819 | 2,245 | 3,374 | 5,375 | 6,19  | 6,60  | 5,97  | 3,748 | 1,951 | 0,69 | 0,31  |

Прихід енергії на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальної поверхні на протязі всього року дорівнює:

$$E_{\text{рік}} = \sum_{i=1}^{12} E_{\text{міс}} = (0,37 + 0,819 + 2,245 + 3,374 + 5,375 + 6,19 + 6,603 + 5,977 + 3,748 + 1,951 + 0,69 + 0,315) \cdot 10^8 = 3,766 \left( \frac{\text{ГДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{рік}} \right)$$

## 3.3. Вибір кута установки геліоколектора

Кут схиляння визначається за приблизною формулою Купера

$$\delta_{\text{с}} = 23,45 \cdot \sin \left( \frac{284+n}{365} \cdot 360 \right), \quad (3.4)$$

де  $n$  – порядковий номер дня в році.

1 місяць

$$\delta_{\text{с}} = 23,45 \cdot \sin \left( \frac{284 + 15}{365} \cdot 360 \right) = -21,27^\circ;$$

Для наступних місяців розрахунки проводяться аналогічно, результати розрахунків приведені в таблиці 3.6, і на рис 3.1.

## Кут схилення геліоколектора

|                   |        |        |       |       |        |        |
|-------------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| Місяці            | 1      | 2      | 3     | 4     | 5      | 6      |
| $\delta_c$ , град | -21,27 | -13,29 | -2,82 | 9,41  | 18,79  | 23,3   |
| Місяці            | 7      | 8      | 9     | 10    | 11     | 12     |
| $\delta_c$ , град | 21,52  | 13,78  | 2,22  | -9,60 | -19,15 | -23,34 |

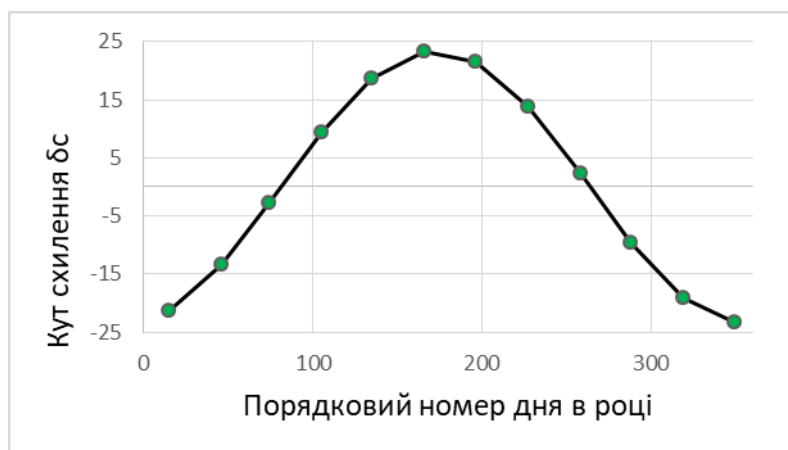


Рис 3.1 Залежність кута схилення Сонця від порядкового номеру дня в році.

Для забезпечення найкращих умов поглинання енергії сонця колектором при цілорічному використанні, його поглинальна поверхня повинна бути орієнтована на південь з нахилом  $\beta_{\text{опт}}$ , що дорівнює:

$$\beta_{\text{опт}} = \varphi_p - \delta_c \quad (3.5)$$

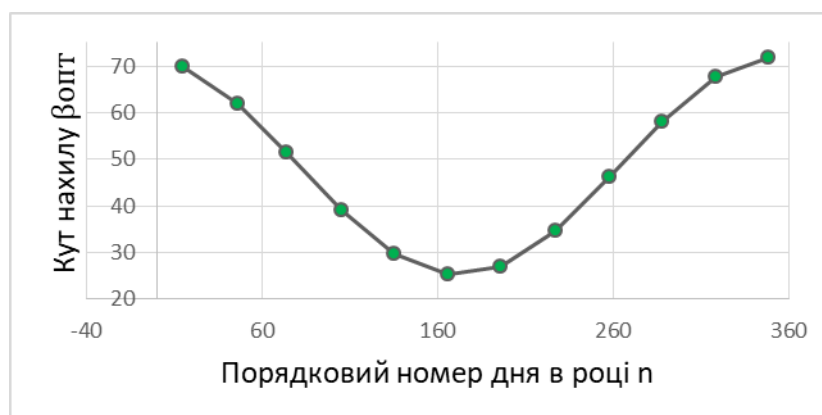


Рис 3.2 Оптимальний кут установки колекторів.

Остаточно з урахуванням рекомендацій приймаємо оптимальний кут установки колекторів  $\beta_{\text{опт}} = 45^\circ$ .

### 3.4. Перерахунок місячного приходу енергії для нахиленої поверхні

Використовуючи кут схилення Сонця і широту регіону, можна знайти кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні.

Кут  $\omega_{згп}$  представляє собою кут між південним напрямленням і напрямленням заходу Сонця.  $\omega_{згп}$  розраховується за формулою:

$$\omega_{згп} = \arccos(-\operatorname{tg}\varphi_p \cdot \operatorname{tg}\delta_c), \quad (3.6)$$

1 місяць:

$$\omega_{згп} = \arccos(-\operatorname{tg}(48,5) \cdot \operatorname{tg}(-21,27)) = 63,90^\circ;$$

Результати розрахунків  $\omega_{згп}$  по місяцям зведено в таблицю 3.7

Таблиця 3.7

#### Кут між південним напрямленням і напрямленням заходу Сонця

| Місяці                 | 1      | 2      | 3     | 4      | 5      | 6      |
|------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| $\omega_{згп}$ , град. | 63,90  | 74,52  | 86,81 | 100,80 | 112,62 | 119,15 |
| Місяці                 | 7      | 8      | 9     | 10     | 11     | 12     |
| $\omega_{згп}$ , град. | 116,46 | 106,10 | 92,51 | 78,98  | 66,89  | 60,82  |

Кут заходу Сонця для нахиленої поверхні підраховується за формулою:

$$\omega_{зпп} = \arccos(-\operatorname{tg}(\varphi_p - \beta) \cdot \operatorname{tg}\delta_c), \quad (3.7)$$

місяць:

$$\omega_{зпп} = \arccos(-\operatorname{tg}(48,5 - 45) \cdot \operatorname{tg}(-21,27)) = 88,64^\circ$$

Результати розрахунків  $\omega_{зпп}$  по місяцям зведено в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8

#### Кут між південним напрямленням і напрямленням заходу Сонця, для нахиленої поверхні

| Місяці                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\omega_{зпп}$ , град. | 88,64 | 89,17 | 98,83 | 90,58 | 91,19 | 91,51 |
| Місяці                 | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
| $\omega_{зпп}$ , град. | 91,38 | 90,86 | 90,14 | 89,41 | 88,78 | 88,49 |

Для розрахунків приймаємо  $\omega_{\text{зпп}} = 90^\circ$  протягом всього року.

Коефіцієнт  $X_{\text{пр}}$  враховує вплив кута установки нахиленої поверхні  $\beta$  на добове сприйняття прямої радіації, можна визначити як:

$$X_{\text{пр}} = \frac{\mathbb{I}((\cos(\varphi_p - \beta) \cdot \cos(\delta_c) \cdot \sin(\omega_{\text{зпп}}) + (\frac{\omega_{\text{зпп}}}{180}) \cdot \pi \cdot \sin(\varphi_p - \beta) \cdot \sin(\delta_c))}{\mathbb{I}((\cos(\varphi_p) \cdot \cos \delta_c \cdot \sin(\omega_{\text{зпп}}) + (\frac{\omega_{\text{зпп}}}{180}) \cdot \pi \cdot \sin(\varphi_p) \cdot \sin(\delta_c))} \quad (3.8)$$

Враховуючи, що кут установки нахиленої поверхні  $\beta$  приблизно дорівнює широті місцевості  $\varphi_p$ , а  $\omega_{\text{зпп}} = 90^\circ$ , після спрощення можна отримати:

$$X_{\text{пр}} = \frac{\cos(\delta_c)}{\cos(\varphi_p) \cdot \cos \delta_c + \frac{\pi}{2} \cdot \sin(\varphi_p) \cdot \sin(\delta_c)} \quad (3.9)$$

1 місяць:

$$X_{\text{пр}} = \frac{\cos(-21,27)}{\cos(48,5) \cdot \cos(-21,27) + \frac{\pi}{2} \cdot \sin(48,5) \cdot \sin(-21,27)} = 4,89;$$

Результат розрахунків коефіцієнта  $X_{\text{пр}}$ , який враховує вплив кута установки нахиленої поверхні  $\beta$  на добове сприйняття прямої радіації протягом року приведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

**Коефіцієнт  $X_{\text{пр}}$ , який враховує вплив кута установки нахиленої поверхні**

| Місяці          | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $X_{\text{пр}}$ | 4,89 | 2,60 | 1,65 | 1,17 | 0,94 | 0,85 | 0,89 | 1,05 | 1,41 | 2,16 | 3,93 | 6,45 |

Важливою характеристикою радіаційного режиму являється відношення дифузної складової до сумарної радіації:

$$\psi_{\text{диф}} = \frac{E_{\text{диф}}}{E}. \quad (3.10)$$

Як показують спостереження - це відношення в межах України від широти місцевості практично не залежить і при ясному небі являється достатньо постійною величиною. В холодні місяці можна приймати  $\psi_{\text{диф}} = 0,21$ ;

Значний вплив на значення  $\psi_{\text{диф}}$  має хмарність. Так, при середній хмарності зимою частинка дифузної складової коливається в межах  $\psi_{\text{диф}} = 0,6 \div 0,8$ , а літом  $\psi_{\text{диф}} = 0,3 \div 0,55$ . Через невизначеність зміни  $\psi_{\text{диф}}$  в хмарну погоду доцільно обчислити потужність сонячної радіації при ясному небі, а вплив хмарності і прозорості атмосфери обчислити за допомогою коефіцієнта сонячного сяяння  $\psi_{\text{с}}$ . Під коефіцієнтом сонячного сяяння розуміють відношення сонячного сяяння при даних умовах до можливого.

Частина падаючої сонячної радіації  $E_1$  відбивається від поверхні землі. Відношення  $I_a = \frac{E_1}{E}$  характеризує відбивну здібність посилюючої поверхні і носить назву альbedo Землі. В літні місяці альbedo Землі достатньо постійне і його значення коливається в межах  $0,16 \div 0,26$ . У зимові місяці при відкритому ґрунті  $i_a = 0,07 \div 0,1$ , а при сніжному покриві може досягати  $0,89$ . В теплотехнічних розрахунках приймають літом  $I_a = 0,2$ , а зимою  $I_a = 0,7$ .

Коефіцієнт перерахунку кількості сонячної радіації з горизонтальної поверхні на нахилену поверхню  $X_i$  сонячного колектора дорівнює сумі трьох складових частин відповідно прямого, розсіяного і відбитого сонячного випромінювання:

$$X_i = (1 - \psi_{\text{диф}}) \cdot X_{\text{пр}} + \psi_{\text{диф}} \cdot \frac{1 + \cos(\beta)}{2} + I_a \cdot \frac{1 - \cos(\beta)}{2}, \quad (3.11)$$

де  $\psi_{\text{диф}}$  – середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання;

$I_a$  – коефіцієнт відбиття поверхні землі і навколишніх тіл (альbedo);

$\psi_{\text{диф}} = 0,21$  – для всього року;

$I_a = 0,7$  – для зими;

$I_a = 0,2$  – для літа;

1 місяць:

$$X_1 = (1 - 0,21) \cdot 4,89 + 0,21 \cdot \frac{1 + \cos(45)}{2} + 0,7 \cdot \frac{1 - \cos(45)}{2} = 4,142;$$

Для наступних місяців коефіцієнт  $X_i$  визначається аналогічно, результати розрахунку зведені в таблицю 3.10.

*Таблиця 3.10*

### Коефіцієнт перерахунку кількості сонячної енергії

| Місяці | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8     | 9     | 10    | 11   | 12    |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| X      | 4,142 | 2,335 | 1,588 | 1,130 | 0,952 | 0,884 | 0,91 | 1,039 | 1,324 | 1,986 | 3,39 | 5,375 |

Кінцеву середньомісячну потужність сонячної радіації  $E_{\text{нп}}$ , яка приходить на нахилену поверхню обчислюють по формулі:

$$E_{\text{нп}} = X \cdot E_{\text{міс}}, \quad (3.12)$$

де  $E_{\text{міс}}$  – щомісячний прихід сонячної енергії на  $1 \text{ м}^2$ ,  $[\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{міс})]$ .

(беремо з таблиці 3.5);

1 місяць:

$$E_{\text{нп}} = 4,142 \cdot 0,370 \cdot 10^8 (\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{міс}));$$

Для наступних місяців  $E_{\text{нп}}$  визначається аналогічно, результати розрахунку зведені в таблиці 3.11, і на рис 3.3.

*Таблиця 3.11*

### Середньомісячна потужність сонячної радіації

| Місяці                                                            | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $E_{\text{нп}} 10^8$<br>$\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{міс})$ | 1,53 | 1,91 | 3,56 | 3,81 | 5,11 | 5,47 | 6,01 | 6,21 | 4,96 | 3,87 | 2,34 | 1,69 |

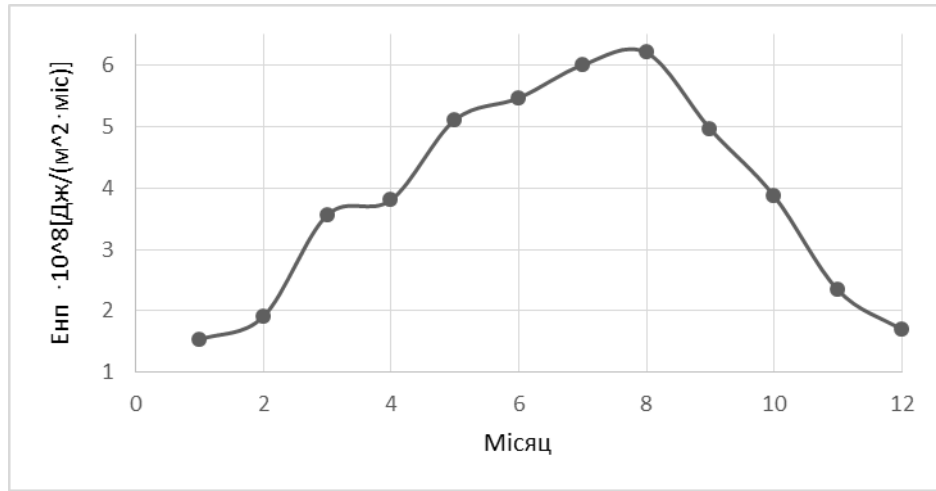


Рис 3.3 Графік середньомісячної потужності сонячної радіації.

Кількість енергії, яка виділяється на 1 м<sup>2</sup> нахиленої поверхні за рік:

$$E_{\text{рік}} = \sum_{i=1}^{12} E_{\text{нп}_i} = (1,532 + 1,912 + 3,565 + 3,811 + 5,115 + 5,471 + 6,008 + 6,210 + 4,963 + 3,874 + 2,339 + 1,694) \cdot 10^8 = 46,495 \cdot 10^8 = 4,65 \left( \frac{\text{ГДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{рік}} \right)$$

### 3.5. Визначення місячного теплового навантаження

Місячне теплове навантаження  $Q_{\text{міс}}$  визначається по формулі:

$$Q_{\text{міс}} = G \cdot C \cdot \Delta t \cdot z ;$$

де  $Q_{\text{міс}}$  – місячна потреба теплоти [Дж/(м<sup>2</sup>·мес)];

$G$  – середня теплоємність робочого тіла в заданому діапазоні температур [Дж/(кг·град)];

$\Delta t$  – різниця температур теплоносія [°C];

$z$  – кількість днів в місяці;

Задаємося:

$$t_1 = 8 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

$$t_2 = 70 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

$$C = 3820 \text{ (Дж/(кг·град))};$$

$$G = 750 \text{ (кг/день)};$$

1 Місяць:

$$Q_{\text{міс}} = 750 \cdot 3820 \cdot (70 + 5,5) \cdot 31 = 6,6 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{міс}}\right);$$

Для наступних місяців  $Q_{\text{міс}}$  визначається аналогічно, результати розрахунків зведені в таблицю 3.12.

Таблиця 3.12

### Середньомісячне теплове навантаження

| Місяці                      | 1   | 2    | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|-----------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $Q_{\text{міс}},$<br>Дж/міс | 6,6 | 5,94 | 6,1 | 5,6 | 5,7 | 5,3 | 5,3 | 5,4 | 5,5 | 5,9 | 6,1 | 6,5 |

### 3.6. Визначення геометричних параметрів геліоколекторів

У рамках цього дипломного проекту, враховуючи кліматичні умови регіону та специфіку поставленого завдання, обрано геліоколектор із середніми технічними характеристиками. Такий вибір забезпечує оптимальне співвідношення ціни та ефективності для забезпечення споживачів гарячою водою. Розрахунки системи виконуються на основі даних для квітня, коли сонячна активність є помірною.

У зимовий період необхідна температура досягається за допомогою резервного джерела енергії, що дублює основну систему. Влітку надлишкова теплова енергія, отримана геліосистемою, може бути використана для побутових потреб, зокрема для підігріву басейну або сезонного кондиціонування повітря.

Для розрахунків вибираємо геліоколектор з параметрами:

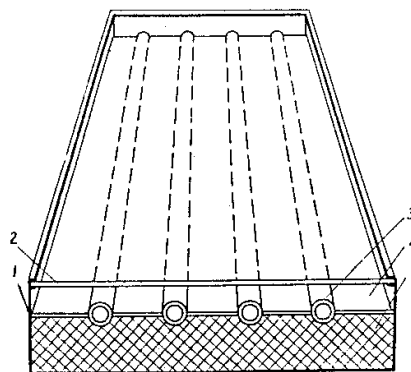


Рис. 3.4 Плоский сонячний колектор

1 – корпус; 2 – прозора ізоляція; 3 – канали для теплоносія; 4 – поглинаюча панель; 5 – теплова ізоляція.

**Основні параметри геліоколекторів**

|                                                                   |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| Матеріал поглинаючої пластини                                     | мідь  |
| Число прозорих покриттів                                          | 2     |
| Товщина скла [м]                                                  | 0,004 |
| Товщина зазору в склопакеті, [м]                                  | 0,015 |
| Тепловий опір склопакета, [(м К)/Вт]                              | 0,32  |
| Товщина зазору між склопакетом і тепло поглинаючим елементом, [м] | 0,025 |
| Товщина тепло поглинаючого елементу, [м]                          | 0,002 |
| Товщина ізоляції, [м]                                             | 0,05  |
| Теплопровідність ізоляції, [Вт/(м К)]                             | 0,041 |
| Ширина ГК, [м]                                                    | 1,2   |
| Довжина ГК, [м]                                                   | 1,7   |
| Товщина, [м]                                                      | 0,104 |
| Площа тепло прийомної пластини ГК, [м <sup>2</sup> ]              | 1,7   |
| Ступінь чорноти прийомної пластини                                | 0,95  |
| Зовнішній діаметр трубок ГК, [м]                                  | 0,012 |
| Крок трубок, [м]                                                  | 0,05  |

В якості теплоносія в геліосистемі буде застосовано водний розчин пропіленгліколю. Теплоносії на основі пропіленгліколю широко використовуються в різних галузях промисловості, зокрема в системах опалення, вентиляції, кондиціонуванні житлових та громадських будівель, а також у холодильних установках харчової промисловості. Вони ефективні в температурному діапазоні від -60 °С до +110 °С.

Пропіленгліколь є нетоксичною та екологічно безпечною речовиною, що входить до списку харчових добавок (E1520). Тому випадкові витoki теплоносія не становлять загрози для здоров'я людей чи навколишнього середовища. Незважаючи на підвищену в'язкість, розчин має мастильні властивості, що знижує гідродинамічний опір системи до 25%, покращуючи роботу насосів у вторинному контурі.

Цей теплоносій характеризується стабільністю та тривалою стійкістю до розкладання й окислення у робочому температурному режимі. Пропіленгліколь також сприяє очищенню внутрішніх поверхонь теплообмінного обладнання від органічних і неорганічних відкладень, таких як накип. У разі аварійного

припинення роботи системи в зимовий період, низька температура замерзання розчину дозволяє зберегти працездатність інженерних комунікацій при зовнішніх температурах до -60 °С.

Таблиця 2.14

**Основні характеристики теплоносіїв марок ХНТ**  
(значення приведені для температури + 20 °С)

| Марка теплоносія | Температура замерзання, [°C] | Температура кипіння, | Щільність, [кг/м <sup>3</sup> ] | Теплоємність, [Дж/(кг·К)] | Теплопровідність, [Вт/(м·К)] | Динамічна в'язкість, МПа·с |
|------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| ХНТ-20           | -20                          | 98                   | 1032                            | 3770                      | 0.400                        | 4.3                        |
| <b>ХНТ-30</b>    | <b>-30</b>                   | <b>102</b>           | <b>1037</b>                     | <b>3615</b>               | <b>0.368</b>                 | <b>6.00</b>                |
| ХНТ-50           | -50                          | 106                  | 1044                            | 3390                      | 0.320                        | 9.5                        |
| ХНТ-60           | -60                          | 108                  | 1053                            | 3200                      | 0.290                        | 14                         |

Враховуючи кліматичні особливості і режими роботи геліосистеми вибираємо теплоносії марки ХНТ-30.

### 3.7. Визначення площі геліоколекторного поля

Необхідну площу геліоколекторів  $F_{гк}$  можна визначити за формулою:

$$F_{гс1} = \frac{f_{г} \cdot Q_{міс}}{E_{гп} \cdot \eta} = \frac{0,8 \cdot 1,16 \cdot 10^9}{3,81 \cdot 10^8 \cdot 0,6} = 4,1 \text{ (м}^2\text{)}. \quad (3.13)$$

Розрахунки проводимо для місяця квітня;

де  $\eta$  – ККД системи;

$f_{г}$  – коефіцієнт заміщення (вказує частинку традиційного палива, заміщену шляхом використання сонячної енергії);

Визначаємо кількість геліоколекторів заданного типу:

$$N_{гк} = \frac{F_{гс1}}{F_{гк}} = \frac{4,1}{1,2 \cdot 1,7} = 2,01 \text{ (шт. )}. \quad (3.14)$$

Приймаємо  $N_{ГК} = 2$  (шт.);

Визначаємо площу, яка буде покрита геліоколекторами:

$$F_{Гс} = F_{ГК} \cdot N_{ГК} = 2,04 \cdot 2 = 4,08 \text{ (м}^2\text{)}. \quad (3.15)$$

### 3.8. Теплові характеристики геліоколектора

Коефіцієнт теплосприйняття дорівнює  $\varepsilon_{ГК} = 0,96$ . Коефіцієнт прозорості скла  $\varepsilon_{ск} = 0,93$ , коефіцієнт забруднення геліоколектора  $\varepsilon_{забр} = 0,98$ .

Коефіцієнт прозорості скла:

$$\eta_{ск} = e^{-30 \cdot \delta_{ск}} = 0,887. \quad (3.16)$$

Приведений коефіцієнт теплосприйняття:

$$\gamma_{ГК} = \varepsilon_{ГК} \cdot \varepsilon_{забр} \cdot \varepsilon_{ск} \cdot \eta_{ск} = 0,776. \quad (3.17)$$

Тепловий потік відбитої сонячної радіації:

$$Q_{відб} = (1 - \gamma_{ГК}) \cdot E_{мр} \cdot F_{Гс}. \quad (3.18)$$

Розрахунки  $Q_{відб}$  для всіх місяців зведені в таблицю 3.15;

Місячна втрата теплоти геліоколектором:

Корисна теплота, поглинена геліоколектором:

$$Q_{погл.міс} = E_{мр.мес} \cdot F_{Гс} - Q_{\Sigma} - Q_{відб}. \quad (3.19)$$

Розрахунки  $Q_{погл.міс}$  для всіх місяців зведені в таблицю 3.15;

Ефективність геліосистеми:

$$\eta = \frac{Q_{погл.міс}}{E_{мр} \cdot F_{Гс}} \cdot 100\%. \quad (3.20)$$

Розрахунки  $\eta$  для всіх місяців зведені в таблицю 3.15.

Таблиця 3.15

**Корисна теплота, поглинена геліоколекторами ККД ГК**

| Місяць                          | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11   | 12    |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| $E_{\text{мр}}, [\text{Вт}]$    | 330,1 | 513,5 | 686,4 | 801,7 | 906,5 | 922,2 | 885,6 | 822,7 | 707,4 | 534,5 | 372  | 293,4 |
| $Q_{\text{відб}}, [\text{Вт}]$  | 1358  | 2112  | 2823  | 3297  | 3728  | 3793  | 3642  | 3383  | 2909  | 2198  | 1530 | 1207  |
| $Q_{\Sigma}, [\text{Вт}]$       | 4390  | 4271  | 3772  | 2965  | 2315  | 1958  | 1793  | 1862  | 2367  | 3053  | 3598 | 4065  |
| $Q_{\text{пог.м}}, [\text{Вт}]$ | 3131  | 3045  | 6007  | 8458  | 10600 | 11181 | 10825 | 9860  | 7712  | 4562  | 1702 | 115   |
| ККД, [%]                        | 5,2   | 32,3  | 47,7  | 57,5  | 63,7  | 66,0  | 66,6  | 65,3  | 59,4  | 46,5  | 24,9 | 2,1   |

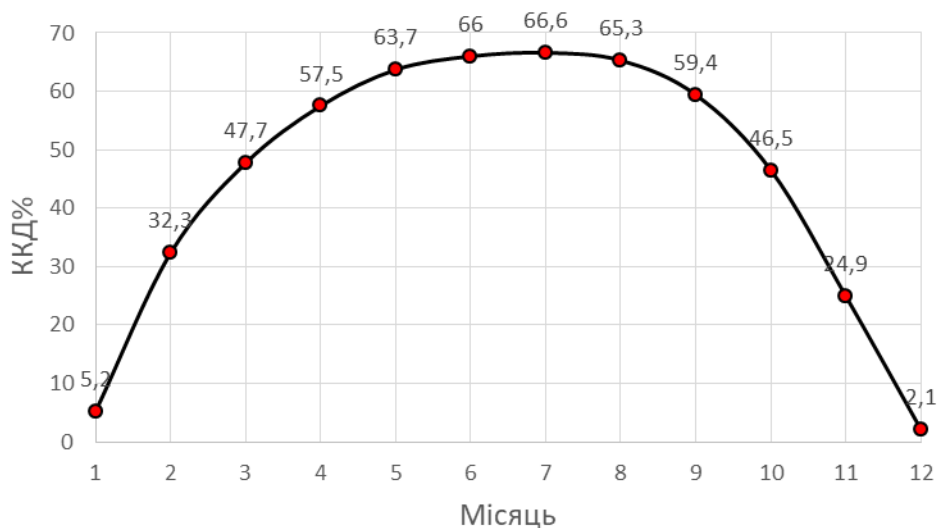


Рис 3.5 Зміна ККД протягом року

Максимальна температура, яка може бути отримана в ГК:

$$t_{\text{max}} = \frac{\gamma_{\text{ГК}}}{K_{\Sigma}} \cdot E_{\text{мр}} + T_{\text{от}} - 273 \quad (3.21)$$

Результати розрахунків по формулі для всіх місяців зведені в таблицю 3.16.

Таблиця 3.16

**Максимальна температура, яка може бути отримана в ГК**

| Місяць            | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     | 7     | 8     | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| $t_{\max}$ , [°C] | 32,0 | 51,2 | 73,4 | 93,0 | 110,2 | 115,8 | 113,9 | 106,9 | 90,2 | 65,9 | 44,2 | 31,7 |

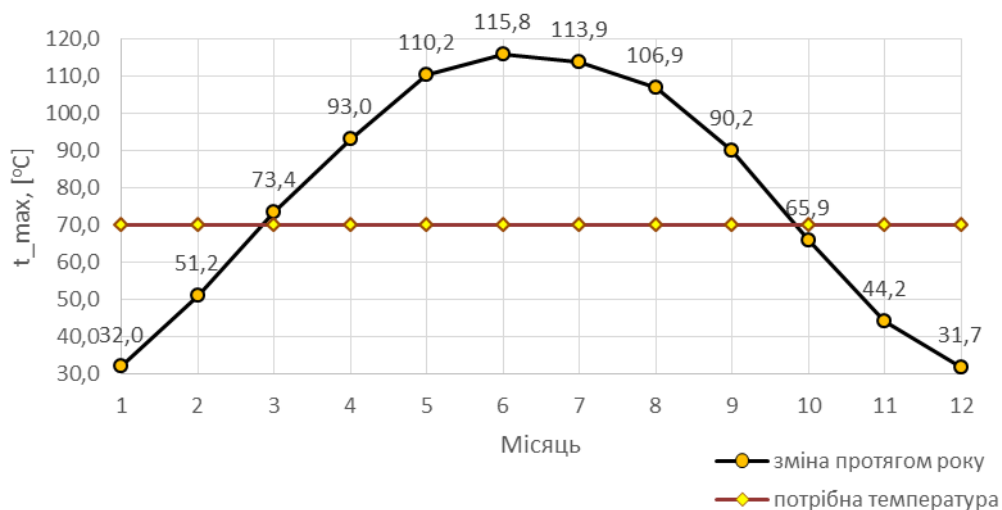


Рис 3.6 Зміна температури протягом року

З рис 3.6 видно, що в період з березня по жовтень геліосистема буде повністю задовольняти потреби в гарячій воді, а в період з жовтня по березень буде застосовуватися додатковий електронагрівач.

## РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

### 4.1. Визначення теплових навантажень

Розрахункові витрати теплоти на опалення, вентиляцію і ГВП визначають для кожного кварталу міста по укрупненим показникам в залежності від житлової площі і чисельності населення.

Максимальне теплове навантаження на опалення, Вт, визначається за формулою:

$$Q_{(o \max)} = q_o A(1 + k_1), \quad (4.1)$$

де  $q_o$  – укрупнений показник потужності системи опалення, який приходить на  $1 \text{ м}^2$  і площі,  $\text{Вт/м}^2$  ( $q_o = 81 \text{ Вт/м}^2$ );

$A$  – загальна площа житлових будівель,  $\text{м}^2$ ;

$k_1$  – коефіцієнт, який враховує витрату теплоти на опалення громадських будівель ( $k_1 = 0,25$ ).

Загальну площу житлових будівель визначають по житловій площі з урахуванням безрозмірного планувального коефіцієнта квартири ( $K = 0,7$ ):

$$A = \frac{F_{\text{ж}}}{K}, \quad (4.2)$$

де  $F_{\text{ж}}$  – житлова площа кварталу,  $\text{м}^2$ .

Житлова площа кварталу визначається за формулою:

$$F_{\text{ж}} = P F_{\text{кв}}, \quad (4.3)$$

де  $P$  – щільність житлового фонду,  $\text{м}^2/\text{га}$ ;

$F_{\text{кв}}$  – площа кварталу,  $\text{м}^2$ .

Кількість жителів в кварталі  $m$  визначається за формулою:

$$m = \frac{F_{\text{ж}}}{f_{\text{ж}}}, \quad (4.4)$$

де  $f_{\text{ж}}$  – норма житлової площі на одну людину,  $\text{м}^2$  ( $f_{\text{ж}} = 9 \text{ м}^2$ ).

Максимальний тепловий потік, Вт, на вентиляцію громадських будівель визначається за формулою:

$$Q_{v \max} = q_o A k_1 k_2, \quad (4.5)$$

де  $k_2$  – коефіцієнт, який враховує витрату теплоти на вентиляцію. Для розрахунку приймаємо той факт, що будівлі побудовані після 1985 року, тому  $k_2 = 0,6$ .

Середній тепловий потік, Вт, на ГВП житлових і громадських будівель визначається за формулою:

$$Q_{hm} = q_h m, \quad (4.6)$$

де  $q_h$  – укрупнений показник середньогодинного теплового навантаження на ГВП, який приходить на 1 людину, Вт/чел ( $q_h = 376$  Вт/чел.).

Максимальне теплове навантаження на ГВП житлових і громадських будівель визначається за формулою:

$$Q_{h \max} = k_r Q_{hm}, \quad (4.7)$$

де  $k_r$  – коефіцієнт годинної нерівномірності витрати теплоти протягом діб ( $k_r = 2,2$ ).

Розрахункові витрати теплоти на опалення, вентиляцію і ГВП визначають з коефіцієнтом 1,05, який враховує нормативні втрати при транспорті теплоносія.

Сумарне тепло споживання складається з витрат теплоти на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання.

Середньогодинна витрата теплоти за опалювальний період на опалення визначається за формулою:

$$Q_o^{+8} = \frac{Q_o \max (t_b - 8)}{(t_b - t_3^{p.o})}, \quad (4.8)$$

де  $t_b$  – середня температура внутрішнього повітря опалювальних будівель, °C ( $t_b = 18$  °C);

$t_3^{p.o}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування системи опалення, °C ( $t_3^{p.o} = -26$  °C).

$$Q_o^{+8} = \frac{166767861(18 - 8)}{(18 - (-26))} = 37901787 \text{ Вт.}$$

Середньогодинна витрата теплоти за опалювальний період на вентиляцію визначаємо за формулою:

$$Q_v^{+8} = \frac{Q_{v \max}(t_b - 8)}{(t_b - t_3^{p.B})}, \quad (4.9)$$

де  $t_3^{p.B}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування системи вентиляції, °C ( $t_3^{p.B} = -15$  °C).

$$Q_v^{+8} = \frac{20012145(18 - 8)}{(18 - (-15))} = 6064286 \text{ Вт.}$$

Отримані дані використовуються для побудови графіків годинних витрат теплоти в залежності від температури зовнішнього повітря і річного графіка навантажень по тривалості.

Таблиця 4.1

**Тривалість стояння температур зовнішнього повітря**

| Тривалість<br>стояння темпе-<br>ратур n, год | Температура зовнішнього повітря, °C |               |               |               |          |        |       |       |
|----------------------------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------|--------|-------|-------|
|                                              | -30...-<br>25                       | -25...-<br>20 | -20...-<br>15 | -15...-<br>10 | -10...-5 | -5...0 | 0...5 | 5...8 |
| n                                            | 4                                   | 194           | 286           | 484           | 636      | 806    | 1380  | 914   |
| Σ n                                          | 4                                   | 198           | 484           | 968           | 1604     | 2410   | 3790  | 4704  |

Теплове навантаження на гаряче водопостачання є цілорічним і в опалювальний період умовно вважається сталим, незалежно від температури зовнішнього повітря. Таким чином, графік годинної витрати теплоти на ГВП має вигляд прямої паралельної до осі абсцис.

Річна витрата теплоти на опалення визначається за формулою:

$$Q_o^{pik} = Q_{оп} n_o, \quad (4.10)$$

де  $Q_{оп}$  – середній тепловий потік на опалення за опалювальний період;

$n_o$  – тривалість опалювального періоду, ч ( $n_o = 196 \text{ доб} = 4704 \text{ г}$ ).

$$Q_{оп} = Q_{o \max} \frac{t_B - t_{оп}}{t_B - t_{зв}^{p.o}}, \quad (4.11)$$

де  $t_{оп}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період  $^{\circ}\text{C}$  ( $t_{от} = -3,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

$$Q_{оп} = 166767861 \frac{18 - (-3,1)}{18 - (-26)} = 79972770 \text{ Вт};$$

$$Q_o^{pik} = 79972770 \cdot 4704 = 376191910100 \text{ Вт}.$$

Річна витрата теплоти на вентиляцію визначається за формулою:

$$Q_v^{pik} = Q_{vm} n_o, \quad (4.12)$$

де  $Q_{vm}$  – середній тепловий потік на вентиляцію за опалювальний період.

$$Q_{vm} = Q_{v \max} \frac{t_B - t_{оп}}{t_B - t_{зв}^{p.B}}, \quad (4.13)$$

$$Q_{vm} = 20012145 \frac{18 - (-3,1)}{18 - (15)} = 13038216 \text{ Вт};$$

$$Q_v^{pik} = 13038216 \cdot 4704 = 61331768060 \text{ Вт}.$$

Річна витрата на ГВП визначається за формулою:

$$Q_{hm}^{pik} = Q_{hm} n_o + Q_{hm}^s (8400 - n_o), \quad (4.14)$$

де  $Q_{hm}^s$  – середній тепловий потік на ГВП в неопалюємий період, 8400 – кількість годин роботи системи ГВП в році.

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \beta \frac{55 - t_c^s}{55 - t_c}, \quad (4.15)$$

де 55 – температура гарячої води в системі ГВП споживачів,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_c$  – температура холодної води в опалюємий період, приймається рівною 5  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_c^s$  – температура холодної води в неопалюємий період, приймається рівною 15  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує зміну середньої витрати гарячої води літом порівняно з зимовим періодом, для житлово-комунального сектора приймається рівним 0,8.

$$Q_{hm}^s = 48170338 \cdot 0,8 \frac{55 - 15}{55 - 5} = 30829016 \text{ Вт};$$

$$Q_{hm}^{pik} = 48170338 \cdot 4704 + 30829016(8400 - 4704) = 340537313100 \text{ Вт}.$$

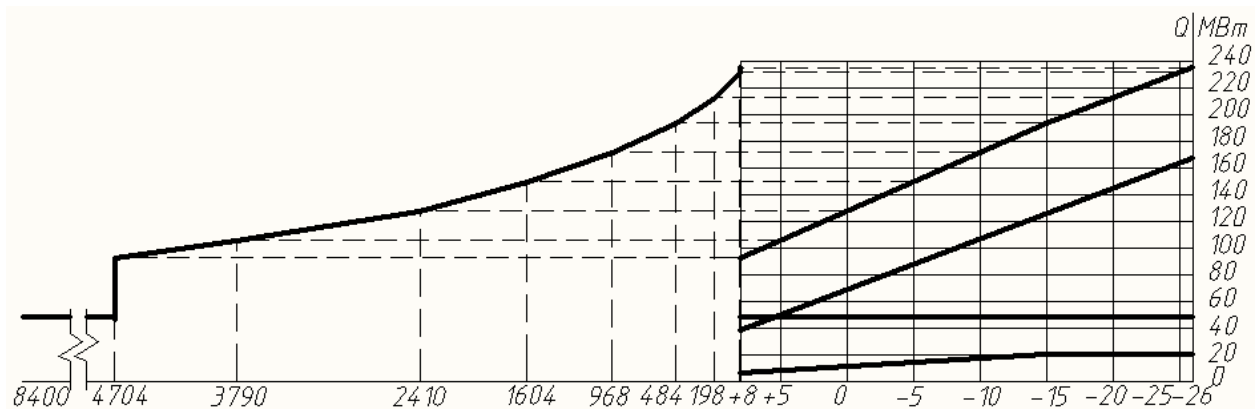


Рис.4.1 Графік годинної і річної витрати теплоти.

#### 4.2. Регулювання відпуску теплоти

Центральне якісне регулювання відпуску теплоти по спільному навантаженню опалення і гарячого водопостачання приймається, якщо

$$\frac{Q_{ГВП}^{ср}}{Q_o^p} \geq 0,15.$$

У закритих системах теплопостачання регулювання спільного навантаження опалення та гарячого водопостачання здійснюється за підвищеним температурним графіком.

Такий підхід дозволяє виконувати розрахунок магістральних теплопроводів, виходячи із сумарної витрати води на опалення та вентиляцію, без урахування витрат на ГВП. Для забезпечення потреб гарячого водопостачання температура води в подаючому трубопроводі приймається вищою, ніж за стандартним опалювальним графіком, а більшість споживачів систем опалення та ГВП під'єднуються до тепломережі за принципом пов'язаного теплозабезпечення. У

цьому випадку будівельні конструкції будівлі виконують функцію теплових акумуляторів, що компенсують нерівномірність добового графіка суміщеного теплового навантаження без потреби встановлення спеціальних акумулюючих пристроїв.

Водопідігрівачі ГВП приєднуються до теплових мереж в залежності від відношення максимального теплового навантаження ГВП до розрахункового опалювального навантаження і типу регуляторів по наступним схемам:

- при  $0,2 < \frac{Q_{h \max}}{Q_{o \max}} < 1,0$  з установкою регулятора витрат по двохступінчатій послідовній схемі або з електронним регулятором витрат теплоти – по;
- при інших відношеннях – по паралельній схемі.

$$\frac{Q_{h \max}}{Q_{o \max}} = 0,635,$$

Водонагрівачі системи гарячого водопостачання підключаються до теплових мереж із застосуванням електронних регуляторів теплового потоку за двоступеневою змішаною схемою, яка передбачає обмеження максимально допустимої витрати теплової енергії на вводі.

Такий підхід до регулювання забезпечує підтримання підвищеного температурного графіка в тепломережі, що формується на основі опалювально-побутового режиму.

Побудова графіка центрального якісного регулювання теплоподачі відповідно до опалювального навантаження ґрунтується на визначенні залежності температури мережної води у подаючому та зворотному трубопроводах від температури зовнішнього повітря.

Температура води в подавальній і зворотній магістралях протягом опалювального періоду:

$$\tau_1 = t_B + \Delta t \left( \frac{t_B - t_{3B}}{t_B - t_{3B}^{p.o.}} \right)^{0,8} + (\Delta \tau - 0,5 \cdot \theta) \frac{t_B - t_{3B}}{t_B - t_{3B}^{p.o.}}, \quad (4.16)$$

$$\tau_2 = t_B + \Delta t \left( \frac{t_B - t_{3B}}{t_B - t_{3B}^{p.o.}} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot \theta \frac{t_B - t_{3B}}{t_B - t_{3B}^{p.o.}}, \quad (4.17)$$

де  $\Delta t$  – температурний натиск нагрівача, при розрахунковій температурі в опалювальній системі, °C;

$\Delta \tau$  – розрахунковий перепад температур води в розрахунковій мережі, °C;

$\tau_e$  – температура води в подаючому трубопроводі системи опалення після елеватора при  $t_{зв}^{p.o}$ , °C;

$\tau_1$  і  $\tau_2$  – температура води в подаючому і зворотному трубопроводах теплової мережі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря  $t_{зв}^{p.o}$ , °C.

$$\Delta t = \frac{\tau_e + \tau_2}{2} - t_{зв} = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5 \text{ °C}; \quad (4.18)$$

$\theta$  – розрахунковий перепад температур води в місцевій системі опалення:

$$\theta = \tau_e - \tau_2 = 95 - 70 = 25 \text{ °C}, \quad (4.19)$$

$\Delta \tau$  – розрахунковий перепад температур води в тепловій мережі:

$$\Delta \tau = \tau_1 - \tau_2 = 150 - 70 = 80 \text{ °C}, \quad (4.20)$$

Задаємо значення  $t_{зв}$  в межах +8 °C до –26 °C визначаємо  $\tau_1$  і  $\tau_2$ .

Таблиця 4.2

**Температура мережевої води в подавальному і зворотному теплопроводах в залежності від температури зовнішнього повітря**

| Температура в подавальній і зворотній магістралі, °C | Температура зовнішнього повітря, °C |      |      |      |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                      | +8                                  | +5   | 0    | -5   | -10   | -15   | -20   | -25   | -26   |
| $\tau_1$                                             | 53,1                                | 62,3 | 77,2 | 91,7 | 105,9 | 119,9 | 133,7 | 147,3 | 150,0 |
| $\tau_2$                                             | 34,9                                | 38,6 | 44,4 | 49,9 | 55,0  | 59,9  | 64,6  | 69,1  | 70,0  |

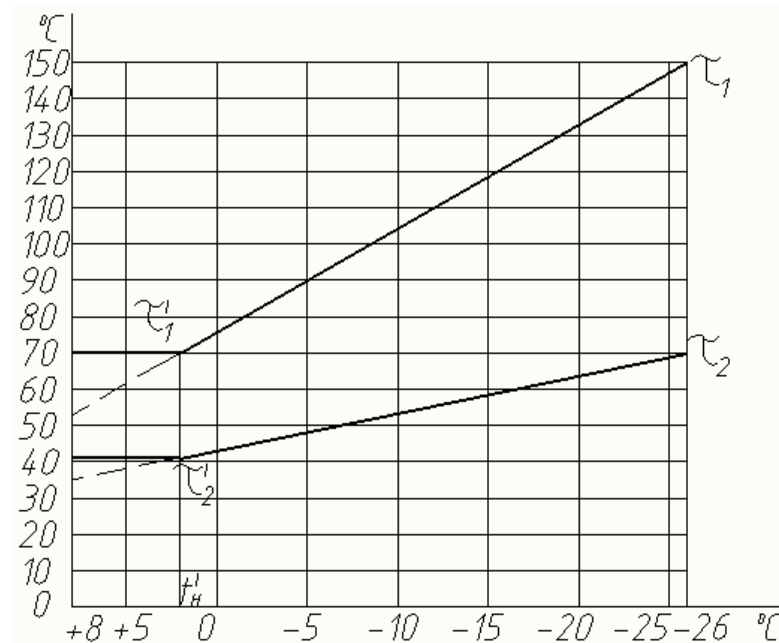


Рис. 4.2 Опалювально-побутовий температурний графік.

По графіку визначаємо значення  $t_{зв}' = 2,1$  °C,  $\tau_1' = 70$  °C,  $\tau_2' = 41$  °C.

Процес визначення підвищеного температурного графіка полягає у розрахунку різниці температур мережної води в підігрівачах верхнього ступеня  $\delta_1$  та нижнього ступеня  $\delta_2$  для різних значень температури зовнішнього повітря, враховуючи балансове теплове навантаження системи гарячого водопостачання.

Балансове навантаження ГВП:

$$Q_{hm}^{\delta} = \chi Q_{hm} \quad (4.21)$$

де  $\chi$  – балансовий коефіцієнт, який враховує нерівномірність витрати теплоти на ГВП протягом доби, для закритих систем тепlopостачання  $\chi = 1,2$ .

$$Q_{hm}^{\delta} = 1,2 \cdot 48170338 = 57804406.$$

Сумарний перепад температур мережної води в підігрівачах верхньої і нижньої ступенів  $\delta$  протягом всього опалювального періоду постійний і визначається за формулою:

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = \frac{Q_{hm}^{\delta}}{Q_{o \max}} (\tau_1 - \tau_2), \quad (4.22)$$

$$\delta = \frac{57804406}{166767861} (150 - 70) = 27,7.$$

Задаючись величиною недогріву водопровідної води до температури гріючої води в нижній ступені підігрівача  $\Delta t_{3B}=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , визначають температуру нагріваючої водопровідної води після нижньої (першої) ступені підігрівача  $t'$  при температурі зовнішнього повітря відповідає точці злому графіка  $t'_{3B}$ :

$$t' = \tau_2 - \Delta t_{3B}, \quad (4.22)$$

де (штрих) означає, що значення величин взяті при  $t'_{3B}$ :

$$t' = 41 - 10 = 31\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Перепад температур мережевої води в нижній ступені підігрівача  $\delta_2$  при різних температурах зовнішнього повітря визначають по виразам:

при  $t'_{3B}$ :

$$\delta'_2 = \delta \frac{t' - t_c}{t_h - t_c}, \quad (4.23)$$

де  $t_h$  – температура води, яка поступає в систему ГВП,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_c$  - температура водопровідної води в опалювальний період,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$$\delta'_2 = 27,7 \frac{31-5}{55-4} = 14,4\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

при  $t_{3B}^{p.o}$

$$\delta_2 = \delta'_2 \frac{\tau_2 - t_c}{\tau'_2 - t_c}, \quad (4.24)$$

$$\delta_2 = 14,4 \frac{70-5}{41-5} = 26\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Знаючи  $\delta_2$  і  $\delta'_2$  знаходять температуру мережевої води в зворотній магістралі по підвищеному температурному графіку:

$$\tau_{2n} = \tau_2 - \delta_2, \quad (4.25)$$

$$\tau_{2n} = 70 - 26 = 44\text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\tau'_{2n} = \tau'_2 - \delta'_2;$$

$$\tau'_{2n}=41-14,4=26,6\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Перепад температур мережевої води у другій (верхній) ступені підігрівача при  $t_{3B}^{p.o}$  і  $t_{3B}'$ :

$$\delta_1=\delta - \delta_2, \quad (4.26)$$

$$\delta_1=27,7-26= 1,7\text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\delta'_1=\delta - \delta'_2,$$

$$\delta'_1=27,7-14,4=13,3\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Температура мережевої води в подаючій магістралі теплової мережі для підвищеного температурного графіка:

$$\tau_{1n}=\tau_1+\delta_1, \quad (4.27)$$

$$\tau_{1n}=150+1,7=151,7\text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\tau'_{1n}=\tau'_1+\delta'_1,$$

$$\tau'_{1n}=70+13,3=83,3\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Визначивши значення температур води в подаючій і зворотній магістралях теплової мережі, будемо підвищений температурний графік.

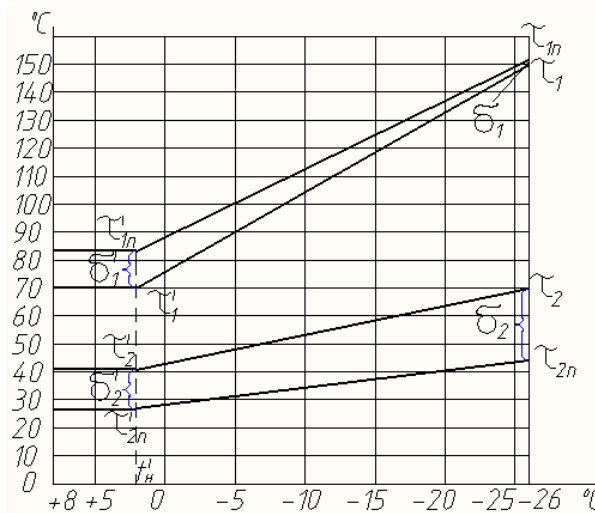


Рис. 4.3 Графік центрального якісного регулювання відпуску теплоти по суміщеному навантаженні опалення і ГВП (підвищений температурний графік).

#### 4.3. Визначення розрахункових витрат теплоносія в теплових мережах

При центральному якісному регулюванні відпуску теплоти по суміщеному навантаженні опалення і ГВП розрахункова витрата мережевої води в двохтрубних теплових мережах визначається як сума витрат води на опалення і вентиляцію без урахування навантаження ГВП:

$$G_d = G_{o\ max} + G_{v\ max} \quad . \quad (4.28)$$

Розрахункова витрата води в неопалювальний період визначають за формулою:

$$G_d^s = \beta G_{2h\ max} \quad (4.29)$$

де  $G_{2h\ max}$  - максимальна витрата мережевої води на ГВП, при всіх схемах приєднання водопідігрівача ГВП, де теплове навантаження визначають на ГВП з урахуванням підвищення холодної води до 15 °С;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує зміни витрат води на ГВП в неопалювальний період по відношенню до опалювального, який приймається для житлово-комунального сектора рівним 0,8.

При якісному регулюванні відпуску теплоти розрахункові витрати мережевої води на опалення визначаємо за формулою:

$$G_{o\ max} = \frac{3.6\ Q_{o\ max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} \quad , \quad (4.30)$$

$$G_{o\ max} = \frac{3.6 \cdot 166767,861}{4,192(150 - 70)} = 1790,208 \text{ т/год}$$

Розрахункові витрати мережевої води на вентиляцію визначаємо за формулою:

$$G_{v\ max} = \frac{3.6\ Q_{v\ max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} \quad , \quad (4.31)$$

$$G_{v\ max} = \frac{3.6 \cdot 20012,145}{4,192(150 - 70)} = 214,825 \text{ т/год}$$

Розрахункова максимальна витрата мережевої води на ГВП:

$$G_{2h\ max} = \frac{3.6\ Q_{h\ max}}{c(\tau_1 - \tau_3)} \quad , \quad (4.32)$$

де  $\tau_3$  – температура води після паралельно включеного водопідігрівача, яка приймається рівною 30 °С.

$$G_{2h\max} = \frac{3.6 \cdot 105974,744}{4,192 (70 - 30)} = 2275,221 \text{ т/год}$$

$$G_d = 1790,208 + 214,825 = 2005,033 \text{ т/год}$$

$$G_d^s = 0,8 \cdot 2275,22 = 1820,177 \text{ т/год}$$

#### 4.4. Вибір конструкції теплової мережі і розробка монтажною схеми

Проектування теплових мереж починається з визначення траси прокладання та вибору способу її розміщення. На цьому етапі важливо забезпечити оптимальне поєднання економічної доцільності та надійності майбутньої системи. Найменших витрат зазвичай вимагає тупикова схема теплопостачання.

Під час планування траси необхідно дотримуватись нормативних відстаней від теплопроводів до будівель, споруд та інших інженерних комунікацій. Рекомендується уникати наближення до трамвайних колій, електрифікованих доріг і кабелів постійного струму, а також перетинів із ними, щоб не виникала потреба в додаткових захисних заходах від блукаючих струмів. Особливу увагу слід приділяти місцям перетину з газопроводами та електромережами, суворо дотримуючись чинних норм безпеки.

Дозволяється прокладання розподільних теплопроводів діаметром до 300 мм крізь житлові та громадські будівлі, якщо вони проходять через технічні підпілля або спеціальні коридори. Це дає змогу скоротити обсяг земляних робіт та зменшити витрати на будівництво каналів і теплових камер. Зазвичай у кожен квартал передбачається один ввід теплової мережі, а сусідні квартали бажано підключати з однієї теплової камери.

У дипломних проектах слід використовувати уніфіковані конструкції збірних залізобетонних каналів, розміри яких підбираються відповідно до діаметрів прокладених труб. Для самих теплопроводів доцільно застосовувати електрозварні прямошовні або спіральшовні сталеві труби. З'єднання виконується зварюванням, а в якості запірної арматури рекомендується встановлювати ста-

ліві засувки з ручним приводом (при діаметрі до 500 мм) або електроприводом (при більшому діаметрі).

Після вибору траси та способу прокладання, а також проведення попереднього гідравлічного розрахунку, розробляється монтажна схема. На ній визначають розташування нерухомих опор, компенсаторів та запірно-регулювальної арматури. Нерухомі опори встановлюються між вузловими камерами, а відстань між ними залежить від діаметра труб, типу компенсаторів та способу прокладання мережі. У кожній вузловій камері обов'язково монтується нерухома опора, а між двома такими опорами передбачають компенсатор.

При безканальному способі прокладання теплопроводів ділянки мережі в місцях поворотів укладаються в канали, довжину яких з обох боків визначають за спеціальними номограмами та таблицями. Тип та розміри опор підбираються за технічною літературою. Теплові камери можуть виготовлятися зі збірних або монолітних залізобетонних елементів, а також з цегли. Їх розміри визначаються з урахуванням зручності обслуговування, безпеки робіт та забезпечення нормативних відстаней між конструкціями та обладнанням.

#### 4.5. Гідравлічний розрахунок водяних теплових мереж

В задачу гідравлічного розрахунку тепломережі входить визначення діаметрів теплопроводів, тиску в різних точках мережі і втрат тиску на ділянках. Останні встановлюються методом питомих втрат тиску на тертя і приведених довжин.

##### 4.5.1. Гідравлічний розрахунок теплопроводів для зимового періоду

Гідравлічний розрахунок виконується для подаючого трубопроводу. Діаметр зворотного трубопроводу і втрати тиску в ньому приймають таким же, як і в подаючому.

Задавшись питомими втратами тиску на тертя  $R = 30-80$  Па/м, виходячи з витрат теплоносія на ділянках, по таблицям, складеним для труб з коефіцієнтом еквівалентної шорсткості  $K_e = 0,5$  мм, знаходять діаметр теплопроводу, дій-

сні питомі втрати тиску на тертя  $R$  і швидкість руху теплоносія, яка повинна бути не більше 3,5м/с.

Для закритих систем теплопостачання при центральному якісному регулюванні відпуску теплоти по суміщеному навантаженню розрахункова витрата теплоносія в магістралях і розподільчих теплових мережах в зимовий період:

$$G_d = G_o + G_v, \quad (4.33)$$

де  $G_o$ ,  $G_v$  – розрахункові витрати мережевої води на опалення і вентиляцію.

Розрахункові витрати мережевої води на опалення визначаємо за формулою:

$$G_{o \max} = \frac{Q_{o \max}}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/с} \quad (4.34)$$

Розрахункові витрати мережевої води на вентиляцію визначаємо за формулою:

$$G_{v \max} = \frac{Q_{v \max}}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/с} \quad (4.35)$$

Таблиця 4.4

#### Розрахункові витрати тепла і мережевої води по окремим споживачам

| № дільниці | $Q_0$ , кВт | $Q_B$ , кВт | $G_o$ , кг/с | $G_B$ , кг/с | $\Sigma G$ кг/с |
|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| 1          | 158827      | 19059       | 473,60       | 56,83        | 530,43          |
| 2          | 79414       | 9529        | 236,80       | 28,42        | 265,22          |
| 3          | 50254       | 6030        | 149,85       | 17,98        | 167,83          |
| 4          | 43311       | 5197        | 129,15       | 15,50        | 144,65          |
| 5          | 20829       | 2499        | 62,11        | 7,45         | 69,56           |
| 6          | 13886       | 1666        | 41,41        | 4,97         | 46,38           |
| 7          | 6943        | 833         | 20,70        | 2,48         | 23,18           |

Визначивши діаметри розрахункових дільниць тепломережі, розробляють монтажну схему, розміщуючи по трасі запірну арматуру, опори, компенсатори. По монтажній схемі встановлюють місцеві опори на розрахункових дільницях і знаходять еквівалентну довжину  $L_e$  місцевих опорів.

$$L_e = \frac{\xi \cdot d_e}{\lambda}, \quad (4.36)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт місцевого опору на дільниці трубопроводу;

$\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного тертя.

Таблиця 4.5

**Розрахунок еквівалентних довжин місцевих опорів**

| № ді-<br>льни-<br>ці | $\ell$ , м | $D_y$ ,<br>мм | Вид місцевого<br>опору             | $\xi$ | Кіль-<br>кість | $\sum \xi$ | $\ell_{e.пр}$ ,<br>м | $L_e$ , м    |
|----------------------|------------|---------------|------------------------------------|-------|----------------|------------|----------------------|--------------|
| 1                    | 2          | 3             | 4                                  | 5     | 6              | 7          | 8                    | 9            |
| 1                    | 10000      | 700           | Засувка                            | 0,5   | 1              | 0,5        | 38,9                 | 3423,2       |
|                      |            |               | Компенсатор П-образний             | 1,7   | 50             | 85         |                      |              |
|                      |            |               | Раптове звуження                   | 0,5   | 1              | 0,5        |                      |              |
|                      |            |               | Трійник при потоці, який розходить | 2     | 1              | 2          |                      |              |
|                      |            |               | Всього на ділянці:                 |       |                | 88,0       |                      |              |
| 2                    | 675        | 500           | Засувка                            | 0,5   | 1              | 0,5        | 26,5<br>1            | 233,2<br>0,5 |
|                      |            |               | Раптове звуження                   | 0,5   | 1              | 0,5        |                      |              |
|                      |            |               | Компенсатор П-образний             | 1,7   | 4              | 6,8        |                      |              |
|                      |            |               | Трійник на прохід                  | 1     | 1              | 1          |                      |              |
|                      |            |               | Всього на ділянці:                 |       |                | 8,8        |                      |              |
|                      |            |               | Засувка                            |       |                | 0,5        |                      |              |
| 3                    | 2047       | 400           | Раптове звуження                   | 0,5   | 1              | 0,5        | 20,2<br>1            | 496,9<br>0,5 |
|                      |            |               | Компенсатор П-образний             | 1,7   | 13             | 22,1       |                      |              |
|                      |            |               | Трійник на прохід                  | 1     | 1              | 1          |                      |              |
|                      |            |               | Відведення 90°                     | 0,5   |                | 0,5        |                      |              |
|                      |            |               | Всього на ділянці:                 |       |                | 24,6       |                      |              |
|                      |            |               | Засувка                            |       |                | 0,5        |                      |              |
| 4                    | 250        | 400           | Раптове звуження                   | 0,5   | 1              | 0,5        | 20,2<br>1            | 62,6<br>0,5  |
|                      |            |               | Компенсатор сільфоний              | 0,3   | 2              | 0,6        |                      |              |
|                      |            |               | Трійник на відведення              | 1,5   | 1              | 1,5        |                      |              |
|                      |            |               | Всього на ділянці:                 |       |                | 3,1        |                      |              |
|                      |            |               | Засувка                            |       |                | 0,5        |                      |              |

Продовження таблиці 4.5

| 1 | 2   | 3   | 4                     | 5   | 6 | 7   | 8         | 9           |
|---|-----|-----|-----------------------|-----|---|-----|-----------|-------------|
| 5 | 311 | 300 | Компенсатор сільфоний | 0,3 | 3 | 0,9 | 14,0<br>1 | 40,6<br>0,5 |
|   |     |     | Трійник на відведення | 1,5 | 1 | 1,5 |           |             |
|   |     |     | Всього на ділянці     | 2,9 |   |     |           |             |
|   |     |     | Засувка               |     |   | 0,5 |           |             |
| 6 | 402 | 250 | Раптове звуження      | 0,5 | 1 | 0,5 | 9,4<br>1  | 34,8<br>0,5 |
|   |     |     | Компенсатор сільфоний | 0,3 | 4 | 1,2 |           |             |
|   |     |     | Трійник на прохід     | 1   | 1 | 1   |           |             |
|   |     |     | Відведення 90°        | 0,5 | 1 | 0,5 |           |             |
|   |     |     | Всього на ділянці     | 3,7 |   |     |           |             |
|   |     |     | Засувка               |     |   | 0,5 |           |             |
| 7 | 251 | 200 | Компенсатор сільфоний | 0,3 | 2 | 0,6 | 10,7      | 22,5        |
|   |     |     | Трійник на прохід     | 1   | 1 | 1   |           |             |
|   |     |     | Всього на ділянці:    | 2,1 |   |     |           |             |
|   |     |     |                       |     |   |     |           |             |

Приведену довжину  $L_{\text{пр}}$  розрахункової ділянки обчислюють:

$$L_{\text{пр}} = L_e + L. \quad (4.37)$$

Втрати тиску на розрахункових ділянках теплової мережі визначають як:

$$\Delta P = R \cdot L_{\text{пр}}. \quad (4.38)$$

Таблиця 4.6

### Втрати напору для зимового режиму

| № ділянки                | G, кг/с | L, м  | L <sub>e</sub> , м | L <sub>пр</sub> , м | D <sub>y</sub> , мм | ω, м/с | Втрати тиску          |         | Втрати напору, м |
|--------------------------|---------|-------|--------------------|---------------------|---------------------|--------|-----------------------|---------|------------------|
|                          |         |       |                    |                     |                     |        | R <sub>л</sub> , Па/м | ΔP, кПа |                  |
| 1                        | 530,43  | 10000 | 3423               | 13423               | 700                 | 1,4    | 24,6                  | 330,2   | 33,68            |
| 2                        | 265,22  | 675   | 233                | 908                 | 500                 | 1,3    | 31,5                  | 28,6    | 2,92             |
| 3                        | 167,83  | 2047  | 497                | 2544                | 400                 | 1,2    | 40,4                  | 102,8   | 10,49            |
| 4                        | 144,65  | 250   | 63                 | 313                 | 400                 | 1,0    | 30,0                  | 9,4     | 0,96             |
| 5                        | 69,56   | 311   | 41                 | 352                 | 300                 | 1,0    | 29,0                  | 10,2    | 1,04             |
| 6                        | 46,38   | 402   | 35                 | 437                 | 250                 | 0,9    | 32,3                  | 14,1    | 1,44             |
| 7                        | 23,18   | 251   | 23                 | 274                 | 200                 | 0,8    | 26,7                  | 7,3     | 0,74             |
| Сумарні втрати напору, м |         |       |                    |                     |                     |        |                       |         | 51,27            |

#### 4.5.2. Гідравлічний розрахунок теплопроводів для літнього періоду

$$G_{ГВ} = \beta \cdot G_{2h \max} = \beta \cdot \frac{Q_{h \max}}{c(\tau'_1 - \tau'_3)}, \quad (4.39)$$

де  $\tau'_1$  – температура мережевої води в подаючій магістралі в точки злому графіка температур води,  $\tau'_1 = 70^\circ\text{C}$ .

$\tau'_3$  – температура води після паралельно включеного підігрівача, рекомендується приймати  $\tau'_3 = 30^\circ\text{C}$ .

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує зміну витрат води на ГВП в неопалювальний період по відношенню до опалювального, який приймається для житлово-комунального сектора дорівнює 0,8.

За результатами гідравлічного розрахунку будується п'єзометричний графік для розрахункової магістралі. При його побудові за початок координат приймають відмітку осі мережевих насосів, умовно вважаючи, що вона співпадає з відміткою землі на виході теплопроводу з ТЕЦ. По осі ординат відкладають значення напорів в подаючій і зворотній магістралях тепломережі, відмітки рельєфу місцевості і висоти приєднаних споживачів. По осі абсциси будують профіль місцевості і відкладають довжину розрахункових параметрів тепломережі. Вісь теплотраси умовно приймають збігаючою з поверхнею землі.

Таблиця 4.7

**Втрати напору для літнього режиму**

| № ді-<br>льни<br>ці      | G,<br>кг/с | L,<br>м | L <sub>э</sub> ,<br>м | L <sub>пр</sub> ,<br>м | D <sub>y</sub> ,<br>мм | ω,<br>м/с | Втрати тиску             |            | Втра-<br>ти на-<br>пору,<br>м |
|--------------------------|------------|---------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------|--------------------------|------------|-------------------------------|
|                          |            |         |                       |                        |                        |           | R <sub>л</sub> ,<br>Па/м | ΔP,<br>кПа |                               |
| 1                        | 481,53     | 10000   | 3423                  | 13423                  | 700                    | 1,3       | 20,2                     | 271,1      | 27,65                         |
| 2                        | 240,76     | 675     | 233                   | 908                    | 500                    | 1,2       | 25,5                     | 23,2       | 2,37                          |
| 3                        | 152,36     | 2047    | 497                   | 2544                   | 400                    | 1,1       | 32,8                     | 83,4       | 8,51                          |
| 4                        | 131,31     | 250     | 63                    | 313                    | 400                    | 1,0       | 24,7                     | 7,7        | 0,79                          |
| 5                        | 63,15      | 311     | 41                    | 352                    | 300                    | 1,0       | 24,0                     | 8,4        | 0,86                          |
| 6                        | 42,10      | 402     | 35                    | 437                    | 250                    | 0,9       | 27,8                     | 12,1       | 1,23                          |
| 7                        | 21,05      | 251     | 23                    | 274                    | 200                    | 0,8       | 22,0                     | 6,0        | 0,61                          |
| Сумарні втрати напору, м |            |         |                       |                        |                        |           |                          |            | 42,02                         |

Після цього виконується побудова графіка розподілу тисків у мережі в умовах гідростатичного режиму, коли мережеві насоси вимкнені, а необхідний тиск підтримується за рахунок роботи підживлювальних насосів. Лінію статичного напору формують, виходячи з вимоги повного заповнення опалювальних приладів усіх споживачів та забезпечення в їхніх найвищих точках надлишкового тиску не менше 5 м водяного стовпа. При цьому статичний напір не повинен перевищувати 60 м.

Для гідродинамічного режиму на графіку додатково відображають криві максимальних і мінімальних тисків у подаючій та зворотній магістралях. Допустимий максимальний тиск у подаючому трубопроводі обмежується величиною 160 м, а мінімальний має гарантувати відсутність закипання теплоносія під час його циркуляції.

П'єзометричні схеми складають окремо для зимового та літнього режимів роботи системи.

#### 4.6. Тепловий розрахунок ізоляції

При тепловому розрахунку потрібно: вибрати матеріал і товщину основної ізолюючої конструкції, розрахувати втрати теплоти теплопроводами, визначити падіння температури теплоносія по довжині теплопроводу.

Вся система теплопостачання мікрорайону монтується з попередньо ізольованих труб з пінополімермінеральним (ППМ) ізолюючим шаром. Коефіцієнт теплопровідності такої ізоляції не перевищує 0,05 Вт/м·°C, а щільність 250 кг/м<sup>3</sup>.

Товщина теплоізоляційного шару визначається по нормам втрат теплоти і розраховується за формулою:

$$\delta_{iz} = \frac{e^{\pi \lambda_{iz} \Sigma R}}{\pi \lambda_{iz}} \cdot d_{zg}, \quad (4.40)$$

де  $\Sigma R$  – термічний опір ізоляційної конструкції, м·°C/Вт, дорівнює

$$\Sigma R = \frac{\tau - t}{q_{zg}}, \quad (4.41)$$

де  $\tau_{cp}$  – розрахункова середньорічна температура теплоносія,  $\tau_1=110^\circ\text{C}$  і  $\tau_2=55,5^\circ\text{C}$ ;

$t_{н5}$  – розрахункова температура навколишнього середовища;

$q_{зв}$  – норма втрат теплоти, залежить від діаметра трубопроводу і засобу прокладки;

$d_{зв}$  – зовнішній діаметр теплопроводу.

Розрахунок втрат теплоти теплопроводами  $Q_{втр}$ , кДж/г, також визначається по нормам втрат теплоти і розраховується за формулою:

$$Q_{втр} = l' \cdot q_{зв} . \quad (4.42)$$

Падіння температури теплоносія  $\Delta t$ ,  $^\circ\text{C}$  визначається за формулою:

$$\Delta t = \frac{Q}{G \cdot c_p} . \quad (4.43)$$

Розрахунок проводиться для подаючого і зворотнього трубопроводу для кожної ділянки мережі і зводиться в таблицю.

Таблиця 4.8

### Тепловий розрахунок теплопроводів

| № діля-<br>ниці       | $l'$ , м | $D_{зв}$ , м | $G_d$ ,<br>кг/с | $Q_{зв}$ , ВТ/м | $\Delta_{із}$ , м | $Q_{пот}$ ,<br>кДж/с | $\Delta t$ , $^\circ\text{C}$ |
|-----------------------|----------|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------------------|
| 1                     | 2        | 3            | 4               | 5               | 6                 | 7                    | 8                             |
| Подаючий трубопровід  |          |              |                 |                 |                   |                      |                               |
| 1                     | 10000    | 0,72         | 530,43          | 151             | 0,091             | 1510,00              | 0,679                         |
| 2                     | 675      | 0,53         | 265,2           | 119             | 0,088             | 80,33                | 0,072                         |
| 3                     | 2047     | 0,426        | 167,83          | 102             | 0,084             | 208,79               | 0,297                         |
| 4                     | 250      | 0,426        | 144,65          | 82              | 0,110             | 20,50                | 0,034                         |
| 5                     | 311      | 0,325        | 69,56           | 70              | 0,102             | 21,77                | 0,075                         |
| 6                     | 402      | 0,273        | 46,38           | 64              | 0,096             | 25,73                | 0,132                         |
| 7                     | 251      | 0,219        | 23,18           | 54              | 0,096             | 13,55                | 0,139                         |
| Зворотній трубопровід |          |              |                 |                 |                   |                      |                               |
| 7                     | 251      | 0,219        | 23,18           | 22              | 0,405             | 5,52                 | 0,057                         |
| 6                     | 402      | 0,273        | 46,38           | 25              | 0,396             | 10,05                | 0,052                         |
| 5                     | 311      | 0,325        | 69,56           | 28              | 0,386             | 8,71                 | 0,030                         |
| 4                     | 250      | 0,426        | 144,65          | 33              | 0,385             | 8,25                 | 0,014                         |
| 3                     | 2047     | 0,426        | 167,83          | 61              | 0,159             | 124,87               | 0,177                         |
| 2                     | 675      | 0,53         | 265,22          | 71              | 0,163             | 47,93                | 0,043                         |
| 1                     | 10000    | 0,72         | 530,43          | 92              | 0,161             | 920,00               | 0,414                         |

## РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ – ІТП

Тепловий вузол (тепловий пункт) — це спеціальне приміщення, в якому здійснюється підключення систем тепловодопостачання до розподільчих магістралей міської теплової мережі та водопроводу, а також здійснюється керування системами опалення, вентиляції і водопостачання будівлі. У випадку індивідуального теплового пункту (ІТП) він призначений для обслуговування одного конкретного споживача — будівлі або її окремої частини. Зазвичай ІТП розташовується у підвальному або спеціально відведеному технічному приміщенні будівлі.

В закритих системах опалення найчастіше приймається співвідношення максимальних навантажень гарячого водопостачання  $Q_{ГВП}^{\max}$  та опалення  $Q_O^{\max}$ .

Так при їх співвідношенні:

$$\frac{Q_{ГВП}^{\max}}{Q_O^{\max}} \leq 0,2$$

застосовують одноступінчасту послідовну схему з попередньо включеним або паралельно включеним підігрівачем (для дитячих закладів, адміністративних і громадських будівель з невеликим навантаженням з відносно невеликим ГВП);

$$0,2 < \frac{Q_{ГВП}^{\max}}{Q_O^{\max}} \leq 1,0$$

застосовують двоступінчасті змішані або послідовні схеми (житлові мікрорайони, невеликі пром підприємства та ін.) У цих схемах підігрівач ГВП розділений на два ступені, в кожному з яких зазвичай міститься по три-шість секцій;

$$\frac{Q_{ГВП}^{\max}}{Q_O^{\max}} > 1,0$$

застосовують одноступінчасту паралельну схему (в лазнях, пральнях, великих готелях і промислових підприємствах з зосередженим навантаженням ГВП).[3]

Підключення систем споживання теплової енергії слід здійснювати з урахуванням гідравлічного режиму роботи теплових мереж (зокрема п'єзометричних графіків) та температурного режиму теплоносія, що змінюється залежно від температури зовнішнього повітря. Розрахункова температура води в подавальних трубопроводах водяних теплових мереж для систем опалення приймається рівною температурі води на вводі в індивідуальний тепловий пункт (ІТП), але не перевищує 150 °С.

Опалювальні, вентиляційні та кондиціонувальні системи зазвичай приєднують до двотрубних водяних теплових мереж по незалежній схемі, особливо якщо передбачено встановлення водопідігрівачів. Підключення систем опалення до теплових мереж здійснюється безпосередньо у разі співпадіння гідравлічних і температурних режимів мережі та місцевої системи.

В індивідуальних теплових пунктах із незалежним приєднанням систем опалення, вентиляції та кондиціонування встановлюють регулятори подачі тепла відповідно до заданих температурних графіків після водопідігрівачів. Циркуляційні насоси при такій схемі монтажу монтуються на зворотних трубопроводах систем опалення, вентиляції та кондиціонування перед водопідігрівачем.

У теплових пунктах рекомендується використовувати водяні горизонтальні секційні кожухотрубні або пластинчасті водопідігрівачі, якщо в якості теплоносія застосовується вода. Для кожухотрубних водопідігрівачів згідно з ДСТУ EN 247:2003 слід застосовувати водо-водяні секції з блоком опорних перегородок, розраховані на тиск до 1,6 МПа та температуру до 150 °С. Пластинчасті водопідігрівачі, відповідно до ДСТУ 3949-2000, менш пристосовані для теплових систем, оскільки мають більші габарити і нижчу ефективність, порівняно з аналогами провідних виробників, таких як Alfa Laval, SWEP, ARU та Cetetherm. Проте закордонні виробники не надають методик підбору для таких

пристроїв, що ускладнює їхнє застосування вітчизняними проектувальниками, особливо у частині регулювання.

Для водо-водяних підігрівачів рекомендується застосовувати протиточну схему руху теплоносіїв. У секційних кожухотрубних нагрівачах гріюча вода подається в трубки (для систем опалення), а у пластинчастих теплообмінниках нагріваємий теплоносій рухається вздовж першої і останньої пластини.

Для гарячого водопостачання застосовують горизонтальні секційні кожухотрубні водопідігрівачі з латунними або нержавіючими трубками, а також ємнісні підігрівачі з латунними або сталевими змійовиками. Пластини пластинчастих теплообмінників виготовляють з нержавіючої сталі згідно з ДСТУ 3949-2000.

Поверхня нагріву водо-водяних підігрівачів для опалювальних систем розраховується з урахуванням температури води в тепловій мережі, що відповідає розрахунковій температурі зовнішнього повітря при проектуванні опалення. Для систем гарячого водопостачання розрахунок ведеться при температурі води в трубопроводі теплової мережі, відповідній точці зламу графіка Фіка або мінімальній температурі при відсутності такого зламу.

Ємнісні водопідігрівачі повинні бути оснащені запобіжними клапанами, встановленими на стороні нагріваємого теплоносія, а також повітряними і спускними пристроями.

При виборі циркуляційних насосів для систем опалення і вентиляції необхідно враховувати:

подачу насоса — за розрахунковою витратою води в системі опалення та вентиляції;

напір — при встановленні в ІТП визначається сумою втрат тиску у водопідігрівачах і системах опалення та вентиляції.

Для коригувальних насосів подача приймається за розрахунковою витратою води в трубопроводах, де вони встановлені, а напір — за мінімально необ-

хідним для забезпечення тиску в точці підключення, враховуючи опір трубопроводу і регулювальних пристроїв.

Підживлювальні насоси слід підбирати з подачею, що становить близько 20 % обсягу води в трубопроводах теплової мережі та систем опалення, підключених до водопідігрівача. Напір таких насосів визначається з умови підтримки статичного тиску в системах опалення і вентиляції, з урахуванням роботи в опалювальний період, виходячи з п'єзометричних графіків.

Кількість насосів у системі має бути не менше двох, з резервним одним. У разі використання безфундаментних циркуляційних насосів допускається встановлення одного насоса без резерву, при цьому другий насос зберігається на складі.

При виборі підкачуючих і циркуляційних насосів розрахункова подача має складати від 0,7 до 1,1 від максимальної подачі при оптимальному ККД даного типу насоса. Якщо фактична витрата води перевищує ці межі, рекомендується підвищувати гідравлічний опір системи шляхом монтажу дросельних шайб або використовувати насоси з регульованим електроприводом.

## РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 6.1. Задачі в області охорони праці

Згідно статті 8 Конституції України основним правовим документом України являється Конституція України. Конституція України має найвищу юридичну силу. Закони і інші нормативно-правові акти приймаються на основі Конституції України і повинні відповідати їй. На основі Конституції України прийнятий Закон України “Про охорону праці”.

Згідно закону України "Про охорону праці" ст.1., охорона праці– це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних заходів, а також санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних засобів, направлених на зберігання здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Згідно ст.2. закону "Про охорону праці" дія Закону "Про охорону праці" розповсюджується на всі підприємства, установи і організації незалежно від форми власності і видів їх діяльності, на всіх громадян, які працюють, а також залучені до праці на цих підприємствах.

Ст.3. Закону "Про охорону праці " свідчить, що законодавство про охорону праці складається із Закону України "Про охорону праці ", Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві і професійного захворювання, які послужили причиною втрати працездатності і прийнятих відповідно них нормативно-правових актів.

Нормування праці на виробництві проводиться згідно КЗоТ статтям 85. Норма праці, ст.86. Введення перегляду норм праці, ст.88. Умови роботи, які підлягають обліку при розробці норм вироблення (норм часу) і норм обслуговування.

На підприємстві повинні створюватися безпечні і нешкідливі умови праці (КЗоТ ст.153), дотримуватися вимоги по охороні праці при проектуванні, будівництві (виготовленні) і реконструкції підприємств, об'єктів і засобів виробництва (КЗоТ ст.154), прийняті заходи по полегшенню і оздоровленню-

умов праці ( КЗоТ ст. 158) виконуватися вимоги нормативних актів про охорону праці (КЗоТ ст.159), прийняті заходи з охорони праці (КЗоТ ст.161).

Згідно ст 4.Закону України «Про охорону праці» державна політика в області охорони праці визначається відповідно Конституції України Верховною Радою України і направлена на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасних випадків і професійних захворювань.

За порушення законів і інших нормативно-правових актів про охорону праці, створення перешкод в діяльності посадових осіб органів державного надзору за охороною праці, а також представників профспілок, їх організацій і об'єднань винні особи залучаються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної, уголовної відповідальності згідно закону (ст. 44 Закона " Про охорону праці").

Додатковими нормативними актами для спроектованого виходячи з загальних завдань в області охорони праці, в даному дипломному проекті розглядаються наступні задачі:

- аналіз умов праці і виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів для індивідуального теплового пункту;
- забезпечення пожежо- і вибухобезпечності об'єкта;
- розробка організаційних і технічних заходів для створення безпечних і безшкідливих умов праці в ІТП.

## 6.2. Оцінка експлуатаційних особливостей системи, окремих технологічних процесів

Робота в індивідуальному тепловому пункті в комплексі з вибором технологічних процесів по ГОСТ 12.3.002-75 виробничого обладнання, яке відповідає вимогам ГОСТ 12.2.003 - 74 в ІТП, повинна створювати на постійних робочих місцях, в робочій і зонах приміщень, які обслуговуються, умови, які відповідають діючим санітарним нормам.

Основною задачею ІТП являється підтримання необхідного тиску і підтримання нормативної температури на вводі будови.

В склад обладнання індивідуального теплового пункту входять: труби, насоси, арматура, контрольно-вимірювальні прилади: термометри, манометри, регулятори, лічильники, водоструменевий елеватор.

Розмітку труб в монтажних умовах проводять користуючись вимірювальним і розміточним інструментом. З'єднання труб на фланцях застосовують для роз'ємного з'єднання ділянок трубопроводів, труб з фланцевою арматурою і для підключення трубопроводів до різного інженерного обладнання.

При з'єднанні сталевих труб за допомогою зварювання виконують: розмітку, різку, очистку, правку ділянок, що з'єднуються, якщо в цьому є необхідність, підготовку кромek, установку деталей в монтажне положення.

Обов'язковою умовою при вводі в експлуатацію являється випробування арматури на міцність і герметичність. Випробування робить тиск води  $1,5 P_y$  ( $P_y$  – умовний надлишковий тиск, який може витримувати арматура в умовах експлуатації, при цьому падіння тиску не допускається. Випробування арматури на щільність (герметичність) запірною пристроєм проводять так само, як і випробування на міцність, але при закритому запірному органі. Для випробувань застосовують спеціальні пристосування, ванни, стенди.

Після монтажу роблять випробування трубопроводів шляхом пропускання рідини під тиском.

Нанесення теплоізоляції роблять після проведення гідравлічних випробувань. Обов'язковою умовою перед нанесенням теплоізоляції являється ретельна чистка металевих поверхонь від пилу, бруду, а також повна сушка поверхні. Необхідно слідкувати, щоб основний теплоізоляційний шар щільно прилягав до ізольованої поверхні.

Усі роботи повинні виробляти кваліфіковані, навчені і атестовані з охорони праці робочі в кількості двох, трьох людей.

При виробництві робіт, щоб уникнути нещасних випадків обов'язково необхідно притримуватися певних правил безпеки, які залежать від виду виконуваних робіт.

При зварювальних роботах для захисту зварювальника від поразки електричним струмом систематично перевіряють стан ізоляції рукоятки електротримача і всіх струмоведучих частин і дротів. Електротримач повинен забезпечувати надійний затиск електрода, а також добрий контакт і швидку зміну електродів. При автоматичному зварюванні необхідно слідкувати за тим, щоб всі металеві частини були надійно заземлені. При роботах повинен бути забезпечений достатній повітрообмін. Робітники повинні користуватися індивідуальними засобами захисту: щиток, окуляри з безбарвним склінням і брезентові рукавиці (ГОСТ 12.4.011 – 89).

Вимоги до проведення ремонту ІТП:

- при проведенні малярних робіт на працюючого діють токсичні речовини – необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту (респіратори);
- при проведенні робіт, які зв'язані з використанням електроустановок, необхідно: застосування ізоляції, забезпечення недоступності струмопроводячих частин, захисне відключення, захисне заземлення і занулення;
- при використанні ручного механізованого інструменту з електро- і пневмоприводом створюється підвищений рівень шуму – необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (протишумні шоломи, навушники, вкладиші);
- при проведенні електрозварювальних і газозварювальних робіт відбувається вплив променевої енергії підвищеної інтенсивності – необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (захисні екрани, спецодяг з негорючих матеріалів).

З експлуатаційних особливостей індивідуального теплового пункту виявлено, що основним технологічним процесом являється зниження температури.

ри теплоносія до нормативної температури, підтримка необхідного тиску на вводі в будівлю.

### 6.3. Аналіз умов праці і виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Фактори навколишнього виробничого середовища, які надають несприятливий вплив на здоров'я працюючого називають виробничими шкідливостями.

При недостатній увазі виробничі шкідливості можуть стати причиною втрати працездатності. Форми захворювань (отруєння), які виникають під дією виробничих шкідливостей, називаються професійними захворюваннями.

До несприятливих факторів виробничого середовища відносяться шкідливі речовини, висока або низька температура навколишнього середовища, велика вологість повітря, недостатнє або занадто сильне переміщення повітря, наявність у повітрі газів, пилу, підвищений шум, вібрація, недостатнє або надмірне освітлення приміщень і ін.

Відповідно з ГОСТ 12.0.003-74\*, небезпечні і шкідливі виробничі фактори підрозділяються на:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

Аналізуючи умови праці на об'єкті дипломного проектування, можуть бути виявлені наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

#### 1. Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- підвищена температура поверхонь обладнання і матеріалів- тепловіддача від теплопроводів;
- підвищена температура повітря на робочому місці – від обладнання ІТП (насос, елеватор, теплопроводи);
- підвищений рівень вібрації – робота насосів;

- Підвищений рівень шуму на робочому місці – викликаний роботою насоса;
  - Підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якої може статися через тіло людини – наявність електроприводів насоса, підвищена напруга 380 В;
  - відсутність або недолік природного освітлення;
  - недостатня освітленість робочої зони.
2. Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:
- загально- токсичні (сурикові фарби) – при фарбуванні трубопроводів.
3. Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори не виявлені.
4. Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:
- Фізичні (статичні) – викликані малою рухливістю;
  - нервово-психічні перевантаження – викликані монотонністю праці.

#### 6.4. Забезпечення пожежо- і вибухобезпечності об'єкта

Основним нормативним документом з пожежної безпеки являються ДБН В 1.1-7-2002.

Категорія даного приміщення з вибухонебезпеки – А (ОНТП 24-86).

Причинами пожеж в ІТП являються:

- несправність електрообладнання, електроприладів, освітлювальних приладів і порушення правил їх експлуатації;
- самозаймання спецодягу, сміття;
- самозаймання мастильних масел і інших легкоспалахуючих речовин при неправильному зберіганні;
- порушення правил зварювальних робіт в місцях зберігання і накопичення паливних речовин і матеріалів;
- вихід зі строю приладів автоматики;
- паління і викидання гарячих недопалків і сірників;

- неправильне розташування технічних засобів захисту від статичної електрики і атмосферних розрядів.

В даній будівлі внаслідок пожежі можуть виникнути наступні небезпечні фактори, які діють на людей і матеріальні цінності:

- полум'я і іскри;
- підвищена температура навколишнього середовища;
- дим;
- знижена концентрація кисню.

А також їх вторинні прояви:

- уламки і частини конструкцій, які руйнуються;
- вогнегасникові засоби.

Для ліквідації можливих пожеж ІТП повинно обладнуватися необхідними засобами пожежогасіння.

Кожний робітник повинен дотримуватись правил і слідкувати за тим, щоб дотримувались правила пожежо- вибухонебезпеки.

Пожежо- і вибухонебезпека приміщень оцінюється з урахуванням пожежо-вибухонебезпечних властивостей і кількості, речовин і матеріалів, які знаходяться там.

Особи, які відповідають за потрібний технічний стан обладнання, зобов'язані організувати постійний контроль за правильністю їх експлуатації і своєчасний і якісний ремонт.

Устаткування повинно відповідати протипожежним вимогам стандартів, будівельних норм і інших нормативних актів.

Гарячі поверхні необхідно ізолювати таким чином, щоб температура на поверхні теплоізоляції була не менше чим на 20% нижче температури її займання. Теплоізоляція повинна виконуватися з матеріалів, які виключають виділення вибухо- і пожежонебезпечних речовин в кількості, яка перевищує допустимі концентрації і відповідати вимогам будівельних норм.

По підприємству розроблені і затверджені Генеральним директором правила пожежної безпеки. Ці правила обов'язкові для всіх робітників підприємства. Правила містять такі розділи:

- загальні положення;
- протипожежний режим;
- виробництво вогневих робіт;
- вентиляція і опалення;
- електрогосподарство;
- зберігання і застосування ЛВЖ;
- зв'язок і сигналізація;
- засоби пожежогасіння;
- наглядна протипожежна агітація;
- дії на випадок пожежі.

З даними правилами ознайомлені всі робітники підприємства. Висять інструкції по дотриманню заходів пожежної безпеки.

З метою запобігання пожеж на підприємстві проводяться комісійні перевірки стану пожежної безпеки, при цьому звертається особлива увага на:

- виробництво вогневих робіт;
- правильність зберігання ЛВЖ;
- застосування електрообладнання відповідного класу пожежовибухонебезпеки приміщення;
- застосування технологічного процесу і обладнання, які задовольняють вимогам електростатичної іскробезпеки;
- пристрій блискавки захисту будівель, споруд і обладнання;
- застосування не іскристого інструменту при роботі з ЛВЖ;
- регламентацію максимально допустимої температури нагріву поверхонь обладнання, виробів, матеріалів, які можуть увійти в контакт з горючим середовищем.

Заходи з захисту від пожежі проводяться згідно ГОСТ 12.1.004-91. В якості первинних загальнообов'язкових засобів пожежогасіння в приміщеннях знаходяться вогнегасники ОУ-5, ОУ-2. Обладнані протипожежні щити, вивішений номер телефону, по якому треба подзвонити в пожежну частину у випадку виникнення пожежі.

В цеху вивішені на видних місцях схеми евакуації на випадок пожежі.

Ширина проходів в цехах, сходових кліток в приміщеннях відповідає вимогам протипожежних норм, виходи з приміщень не захаращені.

Виходячи з вищеперерахованого, можна зробити висновок, що в ІТП передбачені заходи для дотримання основних вимог пожежної безпеки відповідно з ГОСТ 12.1.004-91.

#### 6.5. Розробка організаційних і технічних заходів для створення безпечних умов праці

Охорона праці ІТП направлена на забезпечення безпеки праці, тобто виняток впливу на працюючі шкідливі і небезпечні виробничі фактори і, тим самим, на збереження їх здоров'я і високої працездатності в процесі праці.

Протипожежні заходи:

- захист електричних мереж і установок від коротких замикань, яка забезпечує мінімальний час відключення пошкоджених ділянок;
- оснащення електроустановок необхідними захисними засобами;
- обладнання пожежного щита;
- підведення засобів пожежогасіння;
- запасні виходи з приміщення.

Заходи з безпеки:

- компоновка обладнання, яка забезпечує вільний і доступний доступ до нього, безпека при монтажі, експлуатації і ремонті;
- компоновка трубопроводів з умови забезпечення максимально вільного обслуговування обладнання;

- огороження частин і механізмів, які обертаються;
- всі гарячі частини обладнання і трубопроводи ізолюються з умов температури на поверхні ізоляції 55°C;
- забарвлення зовнішніх поверхонь обладнання і комунікацій в різні кольори, згідно з діючими правилами промислової естетики;
- захист від корозії внутрішніх поверхонь обладнання, резервуарів і будівельних конструкцій;
- розташування електроустановок в спеціальних шкафах, доступних тільки для кваліфікованого електротехнічного персоналу;
- розташування відкритих струмовідних частин електроустановок на недоступній висоті або їх огороження відповідно з вимогами діючих норм;
- застосування систем заземлення і занулення відповідно з вимогами ПУЕ;

Заходи з охорони праці:

- передбачається електроосвітлення:
- загальне робоче місце. Освітленість робочих місць до 200лк;
- достатня освітленість робочих місць при необхідності забезпечується місцевим освітленням;
- аварійне освітлення;
- ремонтне освітлення;
- зовнішнє освітлення.

Важливим питанням експлуатації проектуємого об'єкту являється визначення необхідного об'єму протипожежного запасу води.

Гасіння пожежі зводиться до активного (механічного, фізичного або хімічного) впливу на зону горіння для порушення стійкості реакції одним з прийнятих засобів пожежогасіння.

Порушення теплової рівноваги і пониження температури в зоні горіння може бути досягнуто при пожежогасінні або збільшенням швидкості тепловтрат чи зменшення швидкості тепловиділень в зоні горіння.

Гасіння пожеж з реакцією горіння теплового характеру звичайно досягається збільшенням тепловтрат в навколишнє середовище фізичними способами пожежогасіння.

Для гасіння пожеж широке застосування знаходять такі речовини як вода, її пари, а також інші рідини, гази і тверді порошки деяких речовин, які володіють найбільш ефективним пожежогасінням.

Вода порівняно з іншими вогнегасними речовинами має найбільшу теплоємність і придатна для гасіння більшості горючих речовин; 1 л води при нагріванні від 0 до 100 °C поглинає 419 к Дж тепла. Крім того, вода володіє трьома властивостями вогнегасіння: охолоджує зону горіння або горючі речовини, розбавляє реагуючі речовини в зоні горіння і ізолює горючі речовини від зони горіння.

На основі ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». З заданих конструктивних елементів ІТП, визначаємо вогнестійкість приміщення. В зв'язку з тим, що в будівлі ІТП:

стіни - цегла;

переkritтя – з/б, по ступені вогнестійкості II.

Категорія приміщення з вибухопожежної небезпеки визначається в залежності від речовин, які знаходяться в ІТП.

ОНТП 24 – 86 визначає шість категорій : А, Б, В, Г, Д.

*До категорії А* віднесені виробництва, пов'язані з використанням речовин, здатних вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або друг; горючих газів, нижня межа самозаймання яких 10 % і менш до об'єму повітря; речовин з температурою спалаху парів до 28 °C включно, при умові, що вказані гази і речовини можуть створювати вибухонебезпечні суміші в об'ємі, які перевищують 5% об'єму приміщення.

*До категорії Б* віднесені виробництва, пов'язані з використанням горючих газів, нижня межа самозаймання яких більше 10 % до об'єму повітря; речовин з температурою спалаху парів понад 28 до 16 °C включно; речовин нагрі-

тих в умовах виробництва до температури спалаху і вище; горючого пилу або волокон, нижня межа самозаймання яких  $65 \text{ г/м}^3$  і менше, при умові, що ці гази, речовини і пил можуть створювати вибухонебезпечні суміші в об'ємі, які перевищують 5% об'єму приміщення.

*До категорії В* віднесені виробництва, пов'язані з використанням речовин з температурою спалаху парів понад  $61 \text{ }^\circ\text{C}$  ; горючого пилу або волокон, нижня межа самозаймання яких більш  $65 \text{ г/м}^3$ ; речовин, здібних тільки горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або друг з другом; твердих горючих речовин.

*До категорії Г* віднесені виробництва, пов'язані з використанням не горючих речовин в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевого тепла, іскор або полум'я: твердих, рідких і газоподібних речовин, які спалюються в якості палива.

*До категорії Д* віднесені виробництва, пов'язані з використанням негорючих речовин в холодному стані.

## ВИСНОВКИ

У рамках дипломного проекту було розроблено систему тепlopостачання студмістечка у місті Вінниця, розраховану на 1400 мешканців. Завдання проекту виконано повністю. Для гуртожитку №4 обрана система опалення, визначено опір теплопередачі огорожувальних конструкцій приміщень. Складено тепловий баланс і розрахована теплова потужність опалювальної системи. Також визначено втрати тепла на опалення приміщень. Як опалювальні прилади обрано чавунні радіатори, для яких проведено розрахунок площі поверхні. Затверджено тип радіаторів — промисловий зразок МС-140-108.

Розроблено систему сонячного тепlopостачання з урахуванням кліматичних особливостей місцевості. Визначено оптимальний кут нахилу геліоколектора, проведено розрахунок місячного надходження сонячної енергії на похилу поверхню та розраховано місячне теплове навантаження. Враховуючи умови та завдання проекту, для системи обрано геліоколектор з «середніми» характеристиками, який забезпечує споживачів гарячою водою за помірною вартістю обладнання. Для розрахунків застосовано плоский геліоколектор, теплоносієм якого служить спеціальний розчин марки ХНТ-30, що відповідає кліматичним умовам і режимам роботи.

Площа поверхні, покрита геліоколекторами, становить 4,08 м<sup>2</sup>. Розрахунки теплових втрат свідчать, що у період з березня по жовтень сонячна система повністю покриває потребу в гарячій воді, а в холодні місяці — з жовтня по березень — використовується додатковий електронагрівач.

У конструкторському розділі проекту розроблено теплову мережу, визначено теплові навантаження, обрана конструкція мережі, виконано гідравлічний і механічний розрахунки теплопроводів, а також розрахунок теплоізоляції.

Крім того, опрацьовано питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, зокрема ідентифіковано небезпечні та шкідливі фактори під час експлуатації теплових пунктів..

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна».
2. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».
3. СНиП 3.05.01-85\* «Внутрішні санітарно-технічні системи».
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».
5. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
6. ДБН В.2.2-15-2005 «Будинки і споруди. Житлові будинки».
7. ДСТУ Б В.2.7-80-98 «Цегла та камені силікатні».
8. ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи».
9. ДСТУ Б А.2.4-41:2009 «Система проєктної документації для будівництва. Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря. Робочі креслення».
10. «Курсове і дипломне проєктування з вентиляції громадських і промислових будівель» В. П. Титов, Е. В. Сазонов, Ю. С. Краснов, В. І. Новожилов. Київ, 2022 р.
11. Довідник проєктувальника. Внутрішні санітарно-технічні пристрої. Частина І. «Опалення» В. М. Богословський, Б. А. Крупнов, А. М. Сканаві, під редакцією І. Г. Староверова та Ю. І. Шиллера. Київ, 2000 р.
12. Каталог алюмінієвих радіаторів GLOBAL.
13. Довідник з теплопостачання і вентиляції. Підручник 1-й. Р. В. Щокін, С. М. Кореневський, Г. Е. Беем. Киев, 2022 р.
14. Каталог фірми RENAУ «Трубопровідна система RAUTITAN для водопровідної і радіаторного розведення».
15. Каталог балансувальних клапанів Danfoss.
16. Каталог фірми Danfoss «Радіаторні терморегулятори RTD».
17. Каталог фірми Grundfos «Циркуляційні насоси серії 2000».
18. Каталог фірми Sistemair.
19. Жувагіна, І. О., & Химорода, І. І. (2022, October). Стратегічні імперативи забезпечення стійкого функціонування промислових підприємств як основи розвитку національної економіки. In *The 10 th International scientific and practical conference "Eurasian scientific discussions"* (October 23-25, 2022) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. 2022. 474 p. (p. 405).

20. Каталог фірми Арктос «Пристрої для подачі і видалення повітря».
21. Каталог фірми Арктика «Повітроводи і фасонні вироби».
22. Каталог фірми Арктика «Обладнання для систем вентиляції».
23. Програма підбіру вентиляторів фірми Sistemair.
24. Каталог фірми Remak «Блоки для кондиціонування повітря AeroMassterNT».
25. Каталог фірми Remak «Водяні обігрівачі з регулюючою арматурою»
26. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. «Автоматизація технологічних процесів».
27. ДСН 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
28. ГН 2.2.5.552-96 «Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони».
29. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення».
30. ДСН 3.3.6.037-99 Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
31. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБТ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».
32. ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
33. Жувагіна, І. О., & Колісніченко, А. О. (2018). Механізм управління розвитком та ефективним використанням трудового потенціалу підприємства.
34. Zhuvahina, I., Naumenko, V., & Naumenko, M. (2017). THE STATE OF DIGITALIZATION OF UKRAINE'S ECONOMY ON THE PATH TO EUROPEAN INTEGRATION.

## **ДОДАТКИ**

**Додаток 1**  
**Таблиця 1.1**

**Розрахунок втрат теплової потужності**

| №   | Наймен. приміщ                            | Огородження | Розміри огорода |      | Площа, м <sup>2</sup> | Опір тепло перед. R <sub>о</sub> , м <sup>2</sup> /°C Вт | t <sub>в</sub> , °C | t <sub>з</sub> , °C | (t <sub>в</sub> - t <sub>з</sub> ), °C | Додатк втрати теплоти, β | Коефіц. п | Втрати тепл потужн. Q <sub>а</sub> , кВт | Q <sub>а</sub> , кВт | Q <sub>в</sub> , кВт | Загальні витрати Q <sub>1</sub> , кВт |
|-----|-------------------------------------------|-------------|-----------------|------|-----------------------|----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------------|--------------------------|-----------|------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
|     |                                           |             | А               | В    |                       |                                                          |                     |                     |                                        |                          |           |                                          |                      |                      |                                       |
| 1   | 2                                         | 3           | 4               | 5    | 6                     | 7                                                        | 8                   | 9                   | 10                                     | 11                       | 12        | 13                                       | 14                   | 15                   | 16                                    |
| 101 | кімната житлова<br>t <sub>в</sub> = +20°C | СЗ          | 3,54            | 3,5  | 7,8                   | 2,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,1283                                   | 0,8823               | 0,4337               | 1,316                                 |
|     |                                           | СЗ          | 5,47            | 3,5  | 19,1                  | 2,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,3136                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ВК          | 1,2             | 1,7  | 2,0                   | 0,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,1671                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ДЗ          | 1,2             | 2,1  | 2,5                   | 0,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,2064                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ПЛ          | 3,54            | 5,47 | 19,4                  | 2,6                                                      | 20                  | 5                   | 15                                     | 0                        | 0,6       | 0,0670                                   |                      |                      |                                       |
| 102 | кухня<br>t <sub>в</sub> = +18°C           | СЗ          | 3,14            | 3,5  | 6,7                   | 2,5                                                      | 18                  | -19                 | 37                                     | 0,05                     | 1         | 0,1037                                   | 0,5014               | 0,4115               | 0,913                                 |
|     |                                           | ВК          | 1,2             | 1,5  | 1,8                   | 0,5                                                      | 18                  | -19                 | 37                                     | 0,05                     | 1         | 0,1399                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ДЗ          | 1,2             | 2,1  | 2,5                   | 0,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,2064                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ПЛ          | 3,14            | 5,47 | 17,2                  | 2,6                                                      | 18                  | 5                   | 13                                     | 0                        | 0,6       | 0,0515                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           |             |                 |      |                       |                                                          |                     |                     |                                        |                          |           |                                          |                      |                      |                                       |
| 103 | кімната житлова<br>t <sub>в</sub> = +20°C | СЗ          | 4,94            | 3,5  | 12,7                  | 2,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,2085                                   | 0,7171               | 0,4337               | 1,151                                 |
|     |                                           | ВК          | 1,2             | 1,7  | 2,0                   | 0,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,1671                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ДЗ          | 1,2             | 2,1  | 2,5                   | 0,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,2064                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ДЗ          | 1,2             | 2,1  | 2,5                   | 0,5                                                      | 20                  | 16                  | 4                                      | 0                        | 1         | 0,0202                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | СВ          | 3,83            | 3,5  | 13,4                  | 2,5                                                      | 20                  | 16                  | 4                                      | 0                        | 1         | 0,0214                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ПЛ          | 4,94            | 5,47 | 27,0                  | 2,6                                                      | 20                  | 5                   | 15                                     | 0                        | 0,6       | 0,0935                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           |             |                 |      |                       |                                                          |                     |                     |                                        |                          |           |                                          |                      |                      |                                       |
| 104 | кімната житлова<br>t <sub>в</sub> = +20°C | СЗ          | 4,94            | 3,5  | 12,7                  | 2,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,2085                                   | 0,7171               | 0,7229               | 1,440                                 |
|     |                                           | ВК          | 1,2             | 1,7  | 2,0                   | 0,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,1671                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ДЗ          | 1,2             | 2,1  | 2,5                   | 0,5                                                      | 20                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,2064                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ДЗ          | 1,2             | 2,1  | 2,5                   | 0,5                                                      | 20                  | 16                  | 4                                      | 0                        | 1         | 0,0202                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | СВ          | 3,83            | 3,5  | 13,4                  | 2,5                                                      | 20                  | 16                  | 4                                      | 0                        | 1         | 0,0214                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ПЛ          | 4,94            | 5,47 | 27,0                  | 2,6                                                      | 20                  | 5                   | 15                                     | 0                        | 0,6       | 0,0935                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           |             |                 |      |                       |                                                          |                     |                     |                                        |                          |           |                                          |                      |                      |                                       |
| 105 | кухня<br>t <sub>в</sub> = +18°C           | СЗ          | 3,14            | 3,5  | 6,7                   | 2,5                                                      | 18                  | -19                 | 37                                     | 0,05                     | 1         | 0,1037                                   | 0,4908               | 0,6858               | 0,177                                 |
|     |                                           | ВК          | 1,2             | 1,5  | 1,8                   | 0,5                                                      | 18                  | -19                 | 37                                     | 0,05                     | 1         | 0,1399                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ДЗ          | 1,2             | 2,1  | 2,5                   | 0,5                                                      | 18                  | -19                 | 39                                     | 0,05                     | 1         | 0,1958                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           | ПЛ          | 3,14            | 5,47 | 17,2                  | 2,6                                                      | 18                  | 5                   | 13                                     | 0                        | 0,6       | 0,0515                                   |                      |                      |                                       |
|     |                                           |             |                 |      |                       |                                                          |                     |                     |                                        |                          |           |                                          |                      |                      |                                       |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2                                                 | 3  | 4    | 5    | 6    | 7   | 8  | 9   | 10 | 11   | 12  | 13     | 14     | 15     | 16    |
|-----|---------------------------------------------------|----|------|------|------|-----|----|-----|----|------|-----|--------|--------|--------|-------|
| 106 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,14 | 3,5  | 6,7  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1037 | 0,4908 | 0,6858 | 0,177 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1399 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,14 | 5,47 | 17,2 | 2,6 | 18 | 5   | 13 | 0    | 0,6 | 0,0515 |        |        |       |
| 107 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 4,94 | 3,5  | 12,7 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2085 | 0,7171 | 0,7229 | 1,440 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | СВ | 3,83 | 3,5  | 13,4 | 2,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0214 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 4,94 | 5,47 | 27,0 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,6 | 0,0935 |        |        |       |
| 108 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 4,94 | 3,5  | 12,7 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2085 | 0,7171 | 0,4337 | 1,151 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | СВ | 3,83 | 3,5  | 13,4 | 2,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0214 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 4,94 | 5,47 | 27,0 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,6 | 0,0935 |        |        |       |
| 109 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,14 | 3,5  | 6,7  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1037 | 0,4908 | 0,4115 | 0,902 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1399 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,14 | 5,47 | 17,2 | 2,6 | 18 | 5   | 13 | 0    | 0,6 | 0,0515 |        |        |       |
| 110 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,5  | 7,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1283 | 0,8823 | 0,4337 | 1,316 |
|     |                                                   | СЗ | 5,47 | 3,5  | 19,1 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,3136 |        |        |       |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,47 | 19,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,6 | 0,0670 |        |        |       |
| 111 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,5  | 7,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1283 | 0,9032 | 0,4337 | 1,337 |
|     |                                                   | СЗ | 5,77 | 3,5  | 20,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,3308 |        |        |       |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,6 | 0,0707 |        |        |       |
| 112 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,5  | 7,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1283 | 0,5760 | 0,4337 | 1,010 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0,05 | 0,6 | 0,0742 |        |        |       |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2                                                 | 3  | 4    | 5    | 6    | 7   | 8  | 9   | 10 | 11   | 12  | 13     | 14     | 15     | 16    |
|-----|---------------------------------------------------|----|------|------|------|-----|----|-----|----|------|-----|--------|--------|--------|-------|
| 113 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,5  | 7,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1283 | 0,5760 | 0,7229 | 1,299 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0,05 | 0,6 | 0,0742 |        |        |       |
| 114 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,5  | 7,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1283 | 0,5926 | 0,7229 | 1,315 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,6 | 0,0707 |        |        |       |
| 115 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,54 | 3,5  | 8,1  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1254 | 0,5223 | 0,6858 | 0,208 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1399 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 18 | 5   | 13 | 0    | 0,6 | 0,0613 |        |        |       |
| 116 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,5  | 7,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1283 | 0,5926 | 0,7229 | 1,315 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,6 | 0,0707 |        |        |       |
| 117 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,5  | 7,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1283 | 0,5926 | 0,7229 | 1,315 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,6 | 0,0707 |        |        |       |
| 118 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,54 | 3,5  | 8,1  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1254 | 0,5223 | 0,6858 | 0,208 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1399 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 18 | 5   | 13 | 0    | 0,6 | 0,0613 |        |        |       |
| 119 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,5  | 7,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1283 | 0,5926 | 0,7229 | 1,315 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,6 | 0,0707 |        |        |       |

Продовження таблиці 1.1

| 1                 | 2                                                 | 3  | 4    | 5    | 6    | 7   | 8  | 9   | 10 | 11   | 12  | 13     | 14     | 15     | 16    |
|-------------------|---------------------------------------------------|----|------|------|------|-----|----|-----|----|------|-----|--------|--------|--------|-------|
| 120               | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 5,54 | 3,5  | 14,8 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2429 | 0,6906 | 0,7229 | 1,414 |
|                   |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|                   |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|                   |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0,05 | 0,6 | 0,0742 |        |        |       |
| 121               | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,5  | 7,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1283 | 0,5760 | 0,4337 | 1,010 |
|                   |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|                   |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|                   |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0,05 | 0,6 | 0,0742 |        |        |       |
| 122               | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,5  | 7,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1283 | 0,9032 | 0,4337 | 1,337 |
|                   |                                                   | СЗ | 5,77 | 3,5  | 20,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,3308 |        |        |       |
|                   |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|                   |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|                   |                                                   | ПЛ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 2,6 | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,6 | 0,0707 |        |        |       |
| 201<br>301<br>401 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109 | 0,7658 | 0,3011 | 2,067 |
|                   |                                                   | СЗ | 5,37 | 3,2  | 17,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2815 |        |        |       |
|                   |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|                   |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
| 202<br>302<br>402 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,14 | 3,2  | 5,7  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,0890 | 0,4247 | 1,2345 | 1,659 |
|                   |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|                   |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1399 |        |        |       |
| 203<br>303<br>403 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 4,94 | 3,2  | 11,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1842 | 0,5993 | 0,3011 | 1,900 |
|                   |                                                   | СВ | 3,83 | 3,5  | 13,4 | 2,5 | 20 | -19 | 4  | 0    | 1   | 0,0214 |        |        |       |
|                   |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|                   |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|                   |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
| 204<br>304<br>404 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 4,94 | 3,2  | 11,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1842 | 0,5993 | 0,1687 | 2,768 |
|                   |                                                   | СВ | 3,83 | 3,5  | 13,4 | 2,5 | 20 | -19 | 4  | 0    | 1   | 0,0214 |        |        |       |
|                   |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|                   |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|                   |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2                                            | 3  | 4    | 5   | 6    | 7   | 8  | 9   | 10 | 11   | 12 | 13     | 14     | 15     | 16    |
|-----|----------------------------------------------|----|------|-----|------|-----|----|-----|----|------|----|--------|--------|--------|-------|
| 205 | кухня<br>t <sub>в</sub> = +18°C              | СЗ | 3,14 | 3,2 | 5,7  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,0890 | 0,4247 | 2,0574 | 2,482 |
| 305 |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1958 |        |        |       |
| 405 |                                              | ВК | 1,2  | 1,5 | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1399 |        |        |       |
| 206 | кухня<br>t <sub>в</sub> = +18°C              | СЗ | 3,14 | 3,2 | 5,7  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,0890 | 0,4247 | 2,0574 | 2,482 |
| 306 |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1958 |        |        |       |
| 406 |                                              | ВК | 1,2  | 1,5 | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1399 |        |        |       |
| 207 | кімната<br>житлова<br>t <sub>в</sub> = +20°C | СЗ | 4,94 | 3,2 | 11,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1842 | 0,5993 | 0,1687 | 2,768 |
| 307 |                                              | СВ | 3,83 | 3,5 | 13,4 | 2,5 | 20 | -19 | 4  | 0    | 1  | 0,0214 |        |        |       |
| 407 |                                              | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1  | 0,0202 |        |        |       |
| 208 | кімната<br>житлова<br>t <sub>в</sub> = +20°C | СЗ | 4,94 | 3,2 | 11,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1842 | 0,5993 | 0,3011 | 1,900 |
| 308 |                                              | СВ | 3,83 | 3,5 | 13,4 | 2,5 | 20 | -19 | 4  | 0    | 1  | 0,0214 |        |        |       |
| 408 |                                              | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1  | 0,0202 |        |        |       |
| 209 | кухня<br>t <sub>в</sub> = +18°C              | СЗ | 3,14 | 3,2 | 5,7  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,0890 | 0,4247 | 1,2345 | 1,659 |
| 309 |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1958 |        |        |       |
| 409 |                                              | ВК | 1,2  | 1,5 | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1399 |        |        |       |
| 210 | кімната<br>житлова<br>t <sub>в</sub> = +20°C | СЗ | 3,55 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1114 | 0,7663 | 1,3011 | 2,067 |
| 310 |                                              | СЗ | 5,37 | 3,2 | 17,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2815 |        |        |       |
| 410 |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                              | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
| 211 | кімната<br>житлова<br>t <sub>в</sub> = +20°C | СЗ | 3,54 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1109 | 0,7868 | 1,3011 | 2,088 |
| 311 |                                              | СЗ | 5,77 | 3,2 | 18,5 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,3024 |        |        |       |
| 411 |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                              | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
| 212 | кімната<br>житлова<br>t <sub>в</sub> = +20°C | СЗ | 3,54 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1109 | 0,4843 | 1,3011 | 1,785 |
| 312 |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
| 412 |                                              | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
| 213 | кімната<br>житлова<br>t <sub>в</sub> = +20°C | СЗ | 3,54 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1109 | 0,4843 | 2,1687 | 2,653 |
| 313 |                                              | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
| 413 |                                              | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2                      | 3  | 4    | 5   | 6    | 7   | 8  | 9   | 10 | 11   | 12 | 13     | 14     | 15     | 16    |
|-----|------------------------|----|------|-----|------|-----|----|-----|----|------|----|--------|--------|--------|-------|
| 214 | кімната                | СЗ | 3,54 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1109 | 0,5045 | 2,1687 | 2,673 |
| 314 | житлова                | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
| 414 | t <sub>в</sub> = +20°C | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
|     |                        | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1  | 0,0202 |        |        |       |
| 215 | кухня                  | СЗ | 3,54 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1052 | 0,4595 | 2,0574 | 2,517 |
| 315 | t <sub>в</sub> = +18°C | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1958 |        |        |       |
| 415 |                        | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1585 |        |        |       |
| 216 | кімната                | СЗ | 3,54 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1109 | 0,5045 | 2,1687 | 2,673 |
| 316 | житлова                | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
| 416 | t <sub>в</sub> = +20°C | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
|     |                        | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1  | 0,0202 |        |        |       |
| 217 | кімната                | СЗ | 3,54 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1109 | 0,5045 | 2,1687 | 2,673 |
| 317 | житлова                | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
| 417 | t <sub>в</sub> = +20°C | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
|     |                        | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1  | 0,0202 |        |        |       |
| 218 | кухня                  | СЗ | 3,54 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1052 | 0,4595 | 2,0574 | 2,517 |
| 318 | t <sub>в</sub> = +18°C | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1958 |        |        |       |
| 418 |                        | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1  | 0,1585 |        |        |       |
| 219 | кімната                | СЗ | 3,54 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1109 | 0,5055 | 2,1687 | 2,674 |
| 319 | житлова                | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
| 419 | t <sub>в</sub> = +20°C | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
|     |                        | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1  | 0,0212 |        |        |       |
| 220 | кімната                | СЗ | 3,55 | 2,9 | 5,7  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,0939 | 0,4674 | 2,1687 | 2,636 |
| 320 | житлова                | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
| 420 | t <sub>в</sub> = +20°C | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
| 221 | кімната                | СЗ | 3,55 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1114 | 0,4848 | 1,3011 | 1,786 |
| 321 | житлова                | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
| 421 | t <sub>в</sub> = +20°C | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |
| 222 | кімната                | СЗ | 3,54 | 3,2 | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1109 | 0,7868 | 1,3011 | 2,088 |
| 322 | житлова                | СЗ | 5,77 | 3,2 | 18,5 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,3024 |        |        |       |
| 422 | t <sub>в</sub> = +20°C | ДЗ | 1,2  | 2,1 | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,2064 |        |        |       |
|     |                        | ВК | 1,2  | 1,7 | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1  | 0,1671 |        |        |       |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2                                                 | 3  | 4    | 5    | 6    | 7   | 8  | 9   | 10 | 11   | 12  | 13     | 14     | 15     | 16    |
|-----|---------------------------------------------------|----|------|------|------|-----|----|-----|----|------|-----|--------|--------|--------|-------|
| 501 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109 | 0,8513 | 1,4337 | 1,285 |
|     |                                                   | СЗ | 5,37 | 3,2  | 17,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2815 |        |        |       |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,37 | 19,0 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,0855 |        |        |       |
| 502 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,14 | 3,2  | 5,7  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,0890 | 0,4904 | 0,4115 | 0,902 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1399 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,14 | 5,37 | 16,9 | 3   | 18 | 5   | 13 | 0    | 0,9 | 0,0658 |        |        |       |
| 503 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 4,94 | 3,2  | 11,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1842 | 0,7187 | 0,4337 | 1,152 |
|     |                                                   | СВ | 3,83 | 3,5  | 13,4 | 2,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0214 |        |        |       |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 4,94 | 5,37 | 26,5 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,1194 |        |        |       |
| 504 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 4,94 | 3,2  | 11,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1842 | 0,7187 | 0,7229 | 1,442 |
|     |                                                   | СВ | 3,83 | 3,5  | 13,4 | 2,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0214 |        |        |       |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 4,94 | 5,37 | 26,5 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,1194 |        |        |       |
| 505 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,14 | 3,2  | 5,7  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,0890 | 0,4904 | 0,6858 | 1,176 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1399 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,14 | 5,37 | 16,9 | 3   | 18 | 5   | 13 | 0    | 0,9 | 0,0658 |        |        |       |
| 506 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,14 | 3,2  | 5,7  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,0890 | 0,4904 | 0,6858 | 1,176 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1399 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,14 | 5,37 | 16,9 | 3   | 18 | 5   | 13 | 0    | 0,9 | 0,0658 |        |        |       |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2                                                 | 3  | 4    | 5    | 6    | 7   | 8  | 9   | 10 | 11   | 12  | 13     | 14     | 15     | 16    |
|-----|---------------------------------------------------|----|------|------|------|-----|----|-----|----|------|-----|--------|--------|--------|-------|
| 507 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 4,94 | 3,2  | 11,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1842 | 0,7187 | 0,7229 | 1,442 |
|     |                                                   | СВ | 3,83 | 3,5  | 13,4 | 2,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0214 |        |        |       |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 4,94 | 5,37 | 26,5 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,1194 |        |        |       |
| 508 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 4,94 | 3,2  | 11,2 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1842 | 0,7187 | 0,4337 | 1,152 |
|     |                                                   | СВ | 3,83 | 3,5  | 13,4 | 2,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0214 |        |        |       |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 4,94 | 5,37 | 26,5 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,1194 |        |        |       |
| 509 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,14 | 3,2  | 5,7  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,0890 | 0,4904 | 0,4115 | 0,902 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1399 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,14 | 5,37 | 16,9 | 3   | 18 | 5   | 13 | 0    | 0,9 | 0,0658 |        |        |       |
| 510 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109 | 0,9090 | 0,4337 | 1,343 |
|     |                                                   | СВ | 6,47 | 3,2  | 20,7 | 2,5 | 20 | 16  | 39 | 0,05 | 1   | 0,3391 |        |        |       |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,37 | 19,0 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,0855 |        |        |       |
| 511 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109 | 0,8480 | 0,4337 | 1,282 |
|     |                                                   | СЗ | 5,77 | 3,2  | 18,5 | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,3024 |        |        |       |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,6 | 0,0613 |        |        |       |
| 512 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109 | 0,5808 | 0,4337 | 1,015 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0,05 | 0,9 | 0,0965 |        |        |       |
| 513 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109 | 0,5808 | 0,7229 | 1,304 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0,05 | 0,9 | 0,0965 |        |        |       |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2                                                 | 3  | 4    | 5    | 6    | 7   | 8  | 9   | 10 | 11   | 12  | 13     | 14     | 15     | 16    |
|-----|---------------------------------------------------|----|------|------|------|-----|----|-----|----|------|-----|--------|--------|--------|-------|
| 514 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 7,0  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1148 | 0,5807 | 0,7229 | 1,304 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1474 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,0919 |        |        |       |
| 515 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1052 | 0,5391 | 0,6858 | 1,225 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1585 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 3   | 18 | 5   | 13 | 0    | 0,9 | 0,0797 |        |        |       |
| 516 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109 | 0,5964 | 0,7229 | 1,319 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,0919 |        |        |       |
| 517 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109 | 0,5964 | 0,7229 | 1,319 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,0919 |        |        |       |
| 518 | кухня<br>$t_b = +18^{\circ}\text{C}$              | СЗ | 3,54 | 3,2  | 7,0  | 2,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1089 | 0,5242 | 0,6858 | 1,210 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1399 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 37 | 0,05 | 1   | 0,1958 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 3   | 18 | 5   | 13 | 0    | 0,9 | 0,0797 |        |        |       |
| 519 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109 | 0,5964 | 0,7229 | 1,319 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 20 | 16  | 4  | 0    | 1   | 0,0202 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,0919 |        |        |       |
| 520 | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8  | 2,5 | 18 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109 | 0,5808 | 0,7229 | 1,304 |
|     |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0  | 0,5 | 18 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671 |        |        |       |
|     |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5  | 0,5 | 18 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064 |        |        |       |
|     |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4 | 3   | 18 | 5   | 15 | 0,05 | 0,9 | 0,0965 |        |        |       |

Продовження таблиці 1.1

| 1      | 2                                                 | 3  | 4    | 5    | 6     | 7   | 8  | 9   | 10 | 11   | 12  | 13      | 14     | 15     | 16    |
|--------|---------------------------------------------------|----|------|------|-------|-----|----|-----|----|------|-----|---------|--------|--------|-------|
| 521    | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8   | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109  | 0,5808 | 0,4337 | 1,015 |
|        |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0   | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671  |        |        |       |
|        |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5   | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064  |        |        |       |
|        |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4  | 3   | 20 | 5   | 15 | 0,05 | 0,9 | 0,0965  |        |        |       |
| 522    | кімната<br>житлова<br>$t_b = +20^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 3,54 | 3,2  | 6,8   | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1109  | 0,8787 | 0,4337 | 1,312 |
|        |                                                   | СЗ | 5,77 | 3,2  | 18,5  | 2,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,3024  |        |        |       |
|        |                                                   | ВК | 1,2  | 1,7  | 2,0   | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,1671  |        |        |       |
|        |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5   | 0,5 | 20 | -19 | 39 | 0,05 | 1   | 0,2064  |        |        |       |
|        |                                                   | СТ | 3,54 | 5,77 | 20,4  | 3   | 20 | 5   | 15 | 0    | 0,9 | 0,0919  |        |        |       |
| А<br>Б | сходова<br>клітина<br>$t_b = +16^{\circ}\text{C}$ | СЗ | 2,54 | 16,8 | 34,8  | 2,5 | 16 | -19 | 35 | 0,05 | 1   | 0,5109  | 1,9364 | 2,842  | 1,315 |
|        |                                                   | ВК | 1,2  | 0,9  | 5,4   | 0,5 | 16 | -19 | 35 | 0,05 | 1   | 0,3969  |        |        |       |
|        |                                                   | СВ | 3,83 | 16,8 | 128,7 | 2,5 | 16 | 20  | -4 | 0    | 1   | -0,2059 |        |        |       |
|        |                                                   | ДЗ | 1,2  | 2,1  | 2,5   | 0,5 | 16 | -19 | 35 | 0,05 | 1   | 0,1852  |        |        |       |
|        |                                                   | ПЛ | 2,54 | 5,47 | 13,9  | 2,6 | 16 | 5   | 11 | 0    | 0,6 | 0,0353  |        |        |       |
|        |                                                   | СТ | 2,54 | 5,47 | 13,9  | 3   | 16 | 5   | 11 | 0    | 0,9 | 0,0458  |        |        |       |

$\Sigma = 42,3241 \quad 66,937 \quad 105,798$

**Додаток 2**  
**Таблиця 2.1**

**Тепловий розрахунок чавунних секційних радіаторів типу МС 140-108**

| № приміщ. | Q <sub>в</sub> , Вт | Δ t <sub>T</sub> , °C | G, кг/с | β    | m    | ψ <sub>1</sub> | ψ <sub>2</sub> | Q <sub>нв</sub> , Вт | β  | β  | № секцій |          | Q <sub>н.р.</sub> , Вт | Q <sub>в.р.</sub> , Вт | розбіжність |        |
|-----------|---------------------|-----------------------|---------|------|------|----------------|----------------|----------------------|----|----|----------|----------|------------------------|------------------------|-------------|--------|
|           |                     |                       |         |      |      |                |                |                      |    |    | вимагаєм | прийнята |                        |                        | На, Вт      | Нв, %  |
| 1         | 2                   | 3                     | 4       | 5    | 6    | 7              | 8              | 9                    | 10 | 11 | 12       | 13       | 14                     | 15                     | 16          | 17     |
| 101       | 1316                | 60                    | 0,0157  | 1,00 | 0    | 0,8184         | 1,0000         | 1608                 | 1  | 1  | 8,69     | 9        | 1665                   | 1363                   | 46,6        | 3,545  |
| 201       | 1199                | 60                    | 0,0143  | 0,96 | 0,02 | 0,8184         | 0,9619         | 1523                 | 1  | 1  | 7,90     | 8        | 1542                   | 1214                   | 14,6        | 1,218  |
| 301       | 1199                | 60                    | 0,0143  | 0,96 | 0,02 | 0,8184         | 0,9619         | 1523                 | 1  | 1  | 7,90     | 8        | 1542                   | 1214                   | 14,6        | 1,218  |
| 401       | 1199                | 60                    | 0,0143  | 0,96 | 0,02 | 0,8184         | 0,9619         | 1523                 | 1  | 1  | 7,90     | 8        | 1542                   | 1214                   | 14,6        | 1,218  |
| 501       | 1285                | 60                    | 0,0153  | 1,00 | 0    | 0,8184         | 1,0000         | 1570                 | 1  | 1  | 8,49     | 9        | 1665                   | 1363                   | 77,6        | 6,043  |
| 102       | 913                 | 62                    | 0,0109  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9566         | 1117                 | 1  | 1  | 5,80     | 6        | 1156                   | 945                    | 31,7        | 3,470  |
| 202       | 836                 | 62                    | 0,0100  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9550         | 1025                 | 1  | 1  | 5,32     | 6        | 1156                   | 943                    | 107,0       | 12,801 |
| 302       | 836                 | 62                    | 0,0100  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9550         | 1025                 | 1  | 1  | 5,32     | 6        | 1156                   | 943                    | 107,0       | 12,801 |
| 402       | 836                 | 62                    | 0,0100  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9550         | 1025                 | 1  | 1  | 5,32     | 6        | 1156                   | 943                    | 107,0       | 12,801 |
| 502       | 902                 | 62                    | 0,0108  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9564         | 1104                 | 1  | 1  | 5,73     | 6        | 1156                   | 944                    | 42,4        | 4,706  |
| 103       | 1151                | 60                    | 0,0137  | 0,96 | 0,02 | 0,8184         | 0,9611         | 1463                 | 1  | 1  | 7,59     | 8        | 1542                   | 1213                   | 61,6        | 5,353  |
| 203       | 1033                | 60                    | 0,0123  | 0,96 | 0,02 | 0,8184         | 0,9590         | 1316                 | 1  | 1  | 6,83     | 7        | 1349                   | 1059                   | 25,7        | 2,492  |
| 303       | 1033                | 60                    | 0,0123  | 0,96 | 0,02 | 0,8184         | 0,9590         | 1316                 | 1  | 1  | 6,83     | 7        | 1349                   | 1059                   | 25,7        | 2,492  |
| 403       | 1033                | 60                    | 0,0123  | 0,96 | 0,02 | 0,8184         | 0,9590         | 1316                 | 1  | 1  | 6,83     | 7        | 1349                   | 1059                   | 25,7        | 2,492  |
| 503       | 1152                | 60                    | 0,0138  | 0,96 | 0,02 | 0,8184         | 0,9611         | 1465                 | 1  | 1  | 7,60     | 8        | 1542                   | 1213                   | 60,6        | 5,263  |
| 104       | 1440                | 60                    | 0,0172  | 1,00 | 0    | 0,8184         | 1,0000         | 1760                 | 1  | 1  | 9,51     | 10       | 1850                   | 1514                   | 74,1        | 5,143  |
| 204       | 1322                | 60                    | 0,0158  | 1,00 | 0    | 0,8184         | 1,0000         | 1615                 | 1  | 1  | 8,73     | 9        | 1665                   | 1363                   | 40,6        | 3,075  |
| 304       | 1322                | 60                    | 0,0158  | 1,00 | 0    | 0,8184         | 1,0000         | 1615                 | 1  | 1  | 8,73     | 9        | 1665                   | 1363                   | 40,6        | 3,075  |
| 404       | 1322                | 60                    | 0,0158  | 1,00 | 0    | 0,8184         | 1,0000         | 1615                 | 1  | 1  | 8,73     | 9        | 1665                   | 1363                   | 40,6        | 3,075  |
| 504       | 1442                | 60                    | 0,0172  | 1,00 | 0    | 0,8184         | 1,0000         | 1762                 | 1  | 1  | 9,52     | 10       | 1850                   | 1514                   | 72,1        | 4,997  |
| 105       | 1177                | 62                    | 0,0141  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9615         | 1433                 | 1  | 1  | 7,44     | 8        | 1542                   | 1266                   | 89,0        | 7,560  |
| 205       | 1111                | 62                    | 0,0133  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9604         | 1354                 | 1  | 1  | 7,03     | 7        | 1349                   | 1106                   | -4,5        | -0,409 |
| 305       | 1111                | 62                    | 0,0133  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9604         | 1354                 | 1  | 1  | 7,03     | 7        | 1349                   | 1106                   | -4,5        | -0,409 |
| 405       | 1111                | 62                    | 0,0133  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9604         | 1354                 | 1  | 1  | 7,03     | 7        | 1349                   | 1106                   | -4,5        | -0,409 |
| 505       | 1176                | 62                    | 0,0140  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9615         | 1432                 | 1  | 1  | 7,43     | 8        | 1542                   | 1266                   | 90,0        | 7,560  |
| 106       | 1177                | 62                    | 0,0141  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9615         | 1433                 | 1  | 1  | 7,44     | 8        | 1542                   | 1266                   | 89,0        | 7,560  |
| 206       | 1111                | 62                    | 0,0133  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9604         | 1354                 | 1  | 1  | 7,03     | 7        | 1349                   | 1106                   | -4,5        | -0,409 |
| 306       | 1111                | 62                    | 0,0133  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9604         | 1354                 | 1  | 1  | 7,03     | 7        | 1349                   | 1106                   | -4,5        | -0,409 |
| 406       | 1111                | 62                    | 0,0133  | 0,96 | 0,02 | 0,8540         | 0,9604         | 1354                 | 1  | 1  | 7,03     | 7        | 1349                   | 1106                   | -4,5        | -0,409 |

Продовження таблиці 2.1

| 1   | 2    | 3  | 4      | 5    | 6    | 7      | 8      | 9    | 10 | 11 | 12   | 13 | 14   | 15   | 16    | 17     |
|-----|------|----|--------|------|------|--------|--------|------|----|----|------|----|------|------|-------|--------|
| 107 | 1440 | 60 | 0,0172 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1760 | 1  | 1  | 9,51 | 10 | 1850 | 1514 | 74,1  | 5,143  |
| 207 | 1322 | 60 | 0,0158 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1615 | 1  | 1  | 8,73 | 9  | 1665 | 1363 | 40,6  | 3,075  |
| 307 | 1322 | 60 | 0,0158 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1615 | 1  | 1  | 8,73 | 9  | 1665 | 1363 | 40,6  | 3,075  |
| 407 | 1322 | 60 | 0,0158 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1615 | 1  | 1  | 8,73 | 9  | 1665 | 1363 | 40,6  | 3,075  |
| 507 | 1442 | 60 | 0,0172 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1762 | 1  | 1  | 9,52 | 10 | 1850 | 1514 | 72,1  | 4,997  |
| 108 | 1151 | 60 | 0,0137 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9611 | 1463 | 1  | 1  | 7,59 | 8  | 1542 | 1213 | 61,6  | 5,353  |
| 208 | 1033 | 60 | 0,0123 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9590 | 1316 | 1  | 1  | 6,83 | 7  | 1349 | 1059 | 25,7  | 2,492  |
| 308 | 1033 | 60 | 0,0123 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9590 | 1316 | 1  | 1  | 6,83 | 7  | 1349 | 1059 | 25,7  | 2,492  |
| 408 | 1033 | 60 | 0,0123 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9590 | 1316 | 1  | 1  | 6,83 | 7  | 1349 | 1059 | 25,7  | 2,492  |
| 508 | 1152 | 60 | 0,0138 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9611 | 1465 | 1  | 1  | 7,60 | 8  | 1542 | 1213 | 60,6  | 5,263  |
| 109 | 902  | 62 | 0,0108 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9564 | 1104 | 1  | 1  | 5,73 | 6  | 1156 | 944  | 42,4  | 4,706  |
| 209 | 836  | 62 | 0,0100 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9550 | 1025 | 1  | 1  | 5,32 | 6  | 1156 | 943  | 107,0 | 12,801 |
| 309 | 836  | 62 | 0,0100 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9550 | 1025 | 1  | 1  | 5,32 | 6  | 1156 | 943  | 107,0 | 12,801 |
| 409 | 836  | 62 | 0,0100 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9550 | 1025 | 1  | 1  | 5,32 | 6  | 1156 | 943  | 107,0 | 12,801 |
| 509 | 902  | 62 | 0,0108 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9564 | 1104 | 1  | 1  | 5,73 | 6  | 1156 | 944  | 42,4  | 4,706  |
| 110 | 1316 | 60 | 0,0157 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1608 | 1  | 1  | 8,69 | 9  | 1665 | 1363 | 46,6  | 3,545  |
| 210 | 1066 | 60 | 0,0127 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9596 | 1357 | 1  | 1  | 7,04 | 7  | 1349 | 1059 | -6,1  | -0,572 |
| 310 | 1066 | 60 | 0,0127 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9596 | 1357 | 1  | 1  | 7,04 | 7  | 1349 | 1059 | -6,1  | -0,572 |
| 410 | 1066 | 60 | 0,0127 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9596 | 1357 | 1  | 1  | 7,04 | 7  | 1349 | 1059 | -6,1  | -0,572 |
| 510 | 1066 | 60 | 0,0127 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9596 | 1357 | 1  | 1  | 7,04 | 7  | 1349 | 1059 | -6,1  | -0,572 |
| 111 | 1337 | 60 | 0,0160 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1634 | 1  | 1  | 8,83 | 9  | 1665 | 1363 | 25,6  | 1,918  |
| 211 | 1221 | 60 | 0,0146 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9622 | 1550 | 1  | 1  | 8,05 | 8  | 1542 | 1214 | -7,0  | -0,569 |
| 311 | 1221 | 60 | 0,0146 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9622 | 1550 | 1  | 1  | 8,05 | 8  | 1542 | 1214 | -7,0  | -0,569 |
| 411 | 1221 | 60 | 0,0146 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9622 | 1550 | 1  | 1  | 8,05 | 8  | 1542 | 1214 | -7,0  | -0,569 |
| 511 | 1282 | 60 | 0,0153 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1566 | 1  | 1  | 8,47 | 9  | 1665 | 1363 | 80,6  | 6,291  |
| 112 | 1010 | 62 | 0,0121 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9586 | 1234 | 1  | 1  | 6,40 | 7  | 1349 | 1104 | 94,4  | 9,342  |
| 212 | 918  | 62 | 0,0110 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9567 | 1123 | 1  | 1  | 5,83 | 6  | 1156 | 945  | 26,8  | 2,917  |
| 312 | 918  | 62 | 0,0110 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9567 | 1123 | 1  | 1  | 5,83 | 6  | 1156 | 945  | 26,8  | 2,917  |
| 412 | 918  | 62 | 0,0110 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9567 | 1123 | 1  | 1  | 5,83 | 6  | 1156 | 945  | 26,8  | 2,917  |
| 512 | 1015 | 62 | 0,0121 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9587 | 1240 | 1  | 1  | 6,43 | 7  | 1349 | 1104 | 89,5  | 8,814  |

Продовження таблиці 2.1

| 1   | 2    | 3  | 4      | 5    | 6    | 7      | 8      | 9    | 10 | 11 | 12   | 13 | 14   | 15   | 16    | 17     |
|-----|------|----|--------|------|------|--------|--------|------|----|----|------|----|------|------|-------|--------|
| 113 | 1299 | 60 | 0,0155 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1587 | 1  | 1  | 8,58 | 9  | 1665 | 1363 | 63,6  | 4,900  |
| 213 | 1207 | 60 | 0,0144 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9620 | 1533 | 1  | 1  | 7,96 | 8  | 1542 | 1214 | 6,8   | 0,561  |
| 313 | 1207 | 60 | 0,0144 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9620 | 1533 | 1  | 1  | 7,96 | 8  | 1542 | 1214 | 6,8   | 0,561  |
| 413 | 1207 | 60 | 0,0144 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9620 | 1533 | 1  | 1  | 7,96 | 8  | 1542 | 1214 | 6,8   | 0,561  |
| 513 | 1304 | 60 | 0,0156 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1593 | 1  | 1  | 8,61 | 9  | 1665 | 1363 | 58,6  | 4,497  |
| 114 | 1315 | 60 | 0,0157 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1607 | 1  | 1  | 8,69 | 9  | 1665 | 1363 | 47,6  | 3,623  |
| 214 | 1227 | 60 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9623 | 1558 | 1  | 1  | 8,08 | 8  | 1542 | 1214 | -12,8 | -1,046 |
| 314 | 1227 | 60 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9623 | 1558 | 1  | 1  | 8,08 | 8  | 1542 | 1214 | -12,8 | -1,046 |
| 414 | 1227 | 60 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9623 | 1558 | 1  | 1  | 8,08 | 8  | 1542 | 1214 | -12,8 | -1,046 |
| 514 | 1304 | 60 | 0,0156 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1593 | 1  | 1  | 8,61 | 9  | 1665 | 1363 | 58,6  | 4,497  |
| 115 | 1208 | 62 | 0,0144 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9620 | 1470 | 1  | 1  | 7,63 | 8  | 1542 | 1267 | 58,6  | 4,855  |
| 215 | 1145 | 62 | 0,0137 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9610 | 1395 | 1  | 1  | 7,24 | 7  | 1349 | 1107 | -37,9 | -3,308 |
| 315 | 1145 | 62 | 0,0137 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9610 | 1395 | 1  | 1  | 7,24 | 7  | 1349 | 1107 | -37,9 | -3,308 |
| 415 | 1145 | 62 | 0,0137 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9610 | 1395 | 1  | 1  | 7,24 | 7  | 1349 | 1107 | -37,9 | -3,308 |
| 515 | 1225 | 62 | 0,0146 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9623 | 1491 | 1  | 1  | 7,73 | 8  | 1542 | 1267 | 42,0  | -3,308 |
| 116 | 1315 | 60 | 0,0157 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1607 | 1  | 1  | 8,69 | 9  | 1665 | 1363 | 47,6  | 3,623  |
| 216 | 1227 | 60 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9623 | 1558 | 1  | 1  | 8,08 | 8  | 1542 | 1214 | -12,8 | -1,046 |
| 316 | 1227 | 60 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9623 | 1558 | 1  | 1  | 8,08 | 8  | 1542 | 1214 | -12,8 | -1,046 |
| 416 | 1227 | 60 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9623 | 1558 | 1  | 1  | 8,08 | 8  | 1542 | 1214 | -12,8 | -1,046 |
| 516 | 1319 | 60 | 0,0158 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1612 | 1  | 1  | 8,71 | 9  | 1665 | 1363 | 43,6  | 3,309  |
| 117 | 1315 | 60 | 0,0157 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1607 | 1  | 1  | 8,69 | 9  | 1665 | 1363 | 47,6  | 3,623  |
| 217 | 1227 | 60 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9623 | 1558 | 1  | 1  | 8,08 | 8  | 1542 | 1214 | -12,8 | -1,046 |
| 317 | 1227 | 60 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9623 | 1558 | 1  | 1  | 8,08 | 8  | 1542 | 1214 | -12,8 | -1,046 |
| 417 | 1227 | 60 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9623 | 1558 | 1  | 1  | 8,08 | 8  | 1542 | 1214 | -12,8 | -1,046 |
| 517 | 1319 | 60 | 0,0158 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1612 | 1  | 1  | 8,71 | 9  | 1665 | 1363 | 43,6  | 3,309  |
| 118 | 1208 | 62 | 0,0144 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9620 | 1470 | 1  | 1  | 7,63 | 8  | 1542 | 1267 | 58,6  | 4855   |
| 218 | 1145 | 62 | 0,0137 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9610 | 1395 | 1  | 1  | 7,24 | 7  | 1349 | 1107 | -37,9 | -3,308 |
| 318 | 1145 | 62 | 0,0137 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9610 | 1395 | 1  | 1  | 7,24 | 7  | 1349 | 1107 | -37,9 | -3,308 |
| 418 | 1145 | 62 | 0,0137 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9610 | 1395 | 1  | 1  | 7,24 | 7  | 1349 | 1107 | -37,9 | -3,308 |
| 518 | 1210 | 62 | 0,0144 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9620 | 1473 | 1  | 1  | 7,73 | 8  | 1542 | 1267 | 56,7  | 4,685  |
| 119 | 1315 | 62 | 0,0157 | 1,00 | 0    | 0,8540 | 1,0000 | 1540 | 1  | 1  | 8,32 | 9  | 1665 | 1422 | 107,0 | 8,136  |
| 219 | 1228 | 62 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9623 | 1494 | 1  | 1  | 7,75 | 8  | 1542 | 1267 | 39,1  | 3,181  |
| 319 | 1228 | 62 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9623 | 1494 | 1  | 1  | 7,75 | 8  | 1542 | 1267 | 39,1  | 3,181  |
| 419 | 1228 | 62 | 0,0147 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9623 | 1494 | 1  | 1  | 7,75 | 8  | 1542 | 1267 | 39,1  | 3,181  |
| 519 | 1319 | 62 | 0,0158 | 1,00 | 0    | 0,8540 | 1,0000 | 1544 | 1  | 1  | 8,35 | 9  | 1665 | 1422 | 103,0 | 7,808  |

Продовження таблиці 2.1

| 1   | 2    | 3  | 4      | 5    | 6    | 7      | 8      | 9    | 10 | 11 | 12   | 13 | 14   | 15   | 16    | 17     |
|-----|------|----|--------|------|------|--------|--------|------|----|----|------|----|------|------|-------|--------|
| 120 | 1414 | 60 | 0,0169 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1728 | 1  | 1  | 9,34 | 10 | 1850 | 1514 | 100,1 | 7,076  |
| 220 | 1190 | 60 | 0,0142 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9617 | 1512 | 1  | 1  | 7,85 | 8  | 1542 | 1213 | 23,4  | 1,968  |
| 320 | 1190 | 60 | 0,0142 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9617 | 1512 | 1  | 1  | 7,85 | 8  | 1542 | 1213 | 23,4  | 1,968  |
| 420 | 1190 | 60 | 0,0142 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9617 | 1512 | 1  | 1  | 7,85 | 8  | 1542 | 1213 | 23,4  | 1,968  |
| 520 | 1304 | 60 | 0,0156 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1593 | 1  | 1  | 8,61 | 9  | 1665 | 1363 | 58,6  | 4,497  |
| 121 | 1010 | 62 | 0,0121 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9586 | 1234 | 1  | 1  | 6,40 | 7  | 1349 | 1104 | 94,4  | 9,342  |
| 221 | 919  | 62 | 0,0110 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9568 | 1125 | 1  | 1  | 5,84 | 6  | 1156 | 945  | 25,8  | 2,808  |
| 321 | 919  | 62 | 0,0110 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9568 | 1125 | 1  | 1  | 5,84 | 6  | 1156 | 945  | 25,8  | 2,808  |
| 421 | 919  | 62 | 0,0110 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9568 | 1125 | 1  | 1  | 5,84 | 6  | 1156 | 945  | 25,8  | 2,808  |
| 521 | 1015 | 62 | 0,0121 | 0,96 | 0,02 | 0,8540 | 0,9587 | 1240 | 1  | 1  | 6,43 | 7  | 1349 | 1104 | 89,5  | 8,814  |
| 122 | 1337 | 60 | 0,0160 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1634 | 1  | 1  | 8,83 | 9  | 1665 | 1363 | 25,6  | 1,918  |
| 222 | 1221 | 60 | 0,0146 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9622 | 1550 | 1  | 1  | 8,05 | 8  | 1542 | 1214 | -7,0  | -0,569 |
| 322 | 1221 | 60 | 0,0146 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9622 | 1550 | 1  | 1  | 8,05 | 8  | 1542 | 1214 | -7,0  | -0,569 |
| 422 | 1221 | 60 | 0,0146 | 0,96 | 0,02 | 0,8184 | 0,9622 | 1550 | 1  | 1  | 8,05 | 8  | 1542 | 1214 | -7,0  | -0,569 |
| 522 | 1312 | 60 | 0,0157 | 1,00 | 0    | 0,8184 | 1,0000 | 1603 | 1  | 1  | 8,67 | 9  | 1665 | 1363 | 50,6  | 3,860  |

Таблиця 2.2

## Тепловий розрахунок конвекторів

| № приміщ. | Q <sub>в</sub> , Вт | Δ tT, °C | G, кг/с | β | m | ψ <sub>1</sub> | ψ <sub>2</sub> | Q <sub>нв</sub> , Вт | β | β | Q <sub>нв</sub> , Вт | Q <sub>в.р.</sub> , Вт | розбіжність |       | Тип конвектора |
|-----------|---------------------|----------|---------|---|---|----------------|----------------|----------------------|---|---|----------------------|------------------------|-------------|-------|----------------|
|           |                     |          |         |   |   |                |                |                      |   |   |                      |                        | На, Вт      | Нв, % |                |
| А         | 1315                | 81,5     | 0,0209  | 1 | 0 | 1,200          | 1,000          | 1096                 | 1 | 1 | 1120                 | 1344                   | 29,3        | 2,227 | КА-1,120к      |
| Б         | 1315                | 81,5     | 0,0209  | 1 | 0 | 1,200          | 1,000          | 1096                 | 1 | 1 | 1120                 | 1344                   | 29,3        | 2,227 | КА-1,120к      |

