

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) Віталій ПЕШКО
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ” _____ 2026 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: «Система тепlopостачання індивідуальної будівлі в м. Києві»

Виконав: студент IV курсу, групи ТУ - 21

Приходько Нікіта Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник доцент, к.т.н. Артур РАЧИНСЬКИЙ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я, ПРІЗВИЩЕ) _____ (підпис)

Консультант з охорони праці доцент, к.т.н. Сергій КАШТАНОВ
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, ПРІЗВИЩЕ) _____ (підпис)

Рецензент професор, д.т.н. Наталія АУШЕВА
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

Київ – 2026 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра Теплової та альтернативної енергетики

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

Віталій ПЕШКО

(підпис)

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ____ ” _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Приходько Нікіті Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту «Теплопостачання індивідуальної будівлі в м. Києві»

керівник проєкту Рачинський Артур Юрійович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 2026 р. № ____

2. Термін подання студентом проєкту 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту 1) м.Київ

2) Кількість будинків - 1.

3) Кількість поверхів - 2.

4) Кількість мешканців - 6.

5) Теплова мережа - 95°C на 70°C.

6) Розміри будинку - 14 м на 12 м.

7) Висота поверху - 5 м.

8) Висота вікон – 3 м.

9) Ширина вікон – 1,6 м, 2,7 м, у двошарових склопакетах у дерев'яних рамах;
конструкція стін – цегляна кладка на легкому розчині із звичайної цегли, товщи-
ною 655 мм; тип перекриття – залізобетонний збірний настил товщиною 160
мм; утеплювач – пінобетон товщиною 150 мм.

4. Зміст пояснювальної записки: 1) Розрахувати теплове навантаження на опалення.

2) Визначити витрату теплоти на гаряче водопостачання та вентиляцію.

3) Виконати підбір основного та допоміжного устаткування.

4) Розробити заходи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

1) Розташування системи опалення, гарячого водопостачання будинку – 1 арк.

2) Тепломеханічна схема – 1 арк.

3) Котел **Buderus Logamax plus GB162 V2** - 1 арк.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сергій КАШТАНОВ, доцент		
Нормоконтроль	Сірий О.А., доцент		
Технічний контроль	Меренгер П.П., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання 15.04.2026 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Визначення теплових навантажень на		
	- опалення;	20.04.2026 р.	
	- гаряче водопостачання;	02.05.2026 р.	
	- вентиляцію;	05.05.2026 р.	
2	Розрахунки та вибір обладнання:		
	- котел;	07.05.2026 р.	
	- бойлер;	09.05.2026 р.	
	- пластинчастий підігрівач	14.05.2026 р.	
3	Визначення діаметрів стояків	18.05.2026 р.	
4	Графічний матеріал	21.05-28.05.2026 р.	
5	Охорона праці	02.06.2026 р.	
6	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2026 р.	

Студент

(підпис)

Нікіта ПРИХОДЬКО
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту

(підпис)

Артур РАЧИНСЬКИЙ
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: «Теплопостачання індивідуальної будівлі в м. Києві»

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

Бакалаврський дипломний проєкт на тему: «Теплопостачання індивідуальної будівлі в м. Києві». Пояснювальна записка містить 57 сторінок, 13 ілюстрацій, 14 таблиць, 8 використаних джерел літератури та 3 креслення формату А1.

У межах дипломного проєкту виконано розроблення теплової схеми котельні та проєктування системи опалення індивідуального житлового будинку з урахуванням визначених теплових навантажень будівлі. Також проведено підбір основного обладнання котельні на основі отриманих розрахункових даних.

Метою роботи є вибір та обґрунтування основних елементів системи теплопостачання, зокрема пластинчастого теплообмінника, водонагрівача та газового водогрійного котла для індивідуального будинку, розташованого у місті Київ.

Для досягнення поставленої мети у проєкті застосовано методику теплотехнічних розрахунків, що дозволила визначити теплові втрати будівлі та необхідні параметри системи опалення.

У результаті проведених розрахунків визначено теплові втрати для кожного опалюваного приміщення будинку. На основі отриманих значень виконано підбір обладнання для забезпечення ефективної роботи системи теплопостачання, зокрема газового водогрійного котла Buderus Logamax plus GB162 V2, накопичувального водонагрівача непрямого нагріву Buderus Logalux S120/5W, сталевих панельних радіаторів Zehnder Charleston, а також пластинчастого теплообмінника Alfa Laval CB30-40H (40–70 кВт).

Ключові слова: теплопостачання, система опалення, теплові втрати, газовий котел, пластинчастий теплообмінник, гаряче водопостачання, котельня, теплове навантаження, опалювальні прилади, індивідуальний будинок, теплотехнічний розрахунок, вентиляція.

SUMMARY

Bachelor's thesis on the topic: «Heat Supply of an Individual Building in Kyiv». The explanatory note contains 57 pages, 13 illustrations, 14 tables, 8 references and 3 drawings in A1 format.

Within the diploma project, the thermal scheme of the boiler room was developed and the heating system of an individual residential building was designed, taking into account the determined thermal loads of the building. The selection of the main boiler room equipment was also carried out based on the obtained calculation data.

The purpose of the work is the selection and justification of the main elements of the heat supply system, in particular a plate heat exchanger, a water heater and a gas-fired hot water boiler for an individual house located in the city of Kyiv.

To achieve this goal, the project applies a method of heat engineering calculations, which made it possible to determine the heat losses of the building and the required parameters of the heating system.

As a result of the calculations, heat losses were determined for each heated room of the house. Based on the obtained values, equipment was selected to ensure the efficient operation of the heat supply system, namely the Buderus Logamax plus GB162 V2 gas-fired hot water boiler, the Buderus Logalux S120/5W indirect heating storage water heater, Zehnder Charleston steel panel radiators, and the Alfa Laval CB30-40H plate heat exchanger (40–70 kW).

Keywords: heat supply, heating system, heat losses, gas boiler, plate heat exchanger, domestic hot water, boiler room, thermal load, heating devices, individual house, heat engineering calculation, ventilation.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП.....	11
1. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ НА ОПАЛЕННЯ.....	12
1.1. Загальний розрахунок теплового навантаження на 1-й поверх.....	12
1.2. Приміщення 1.....	16
1.3. Приміщення 2.....	17
1.4. Приміщення 3.....	19
1.5. Приміщення 4.....	20
1.6. Загальний розрахунок теплового навантаження на 2-й поверх.....	22
1.7. Приміщення 1.....	25
1.8. Приміщення 2.....	27
1.9. Приміщення 3.....	29
1.10. Приміщення 4.....	31
1.11. Загальний розрахунок теплових навантажень на цокольний поверх.....	33
1.12. Сумарні теплові втрати.....	34
1.13. Середні витрати теплоти на опалення.....	34
1.14. Річна витрата теплоти на опалення.....	34
2. Визначення теплових витрат на вентиляцію.....	35
2.1. Розрахунок системи вентиляції котельного залу.....	35
2.2. Середні теплові втрати на вентиляцію.....	35
2.3. Річні теплові втрати на вентиляцію	35
3. Витрата теплоти на гаряче водопостачання за уточненими показниками.....	36
3.1. Секундна витрата води.....	36
3.2. Розрахункова витрата гарячої води за годину найбільшого водоспоживання.....	36
3.3. Максимальна витрата теплоти на гаряче водопостачання.....	38
3.4. Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання за опалювальний період.....	38

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ			
Зм.	Арк..	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Приходько				Теплопостачання індивідуальної будівлі в м. Києві	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Рачинський					ДПБ	7	57
Т. Контр.	Меренгер					КПІ ім. Ігоря Сікорського, Кафедра ТАЕ Гр. ТУ-21		
Н. Контр.	Сірий							
Затв..	Пешко							

3.5. Середня витрата теплоти на ГВП споживачів у літній період.....	39
3.6. Річна витрата теплоти на ГВП.....	39
4. Система тепlopостачання.....	40
4.2. Розрахунок теплової схеми котельної для максимального зимового режиму роботи котельної.....	40
5. Вибір основного і додаткового устаткування котельні.....	41
5.1. Підбір котла.....	41
5.2. Підбір теплообмінника.....	44
5.3. Підбір пластинчастого теплообмінника.....	45
6. Визначення зовнішніх діаметрів підведень і стояків.....	46
6.1. Визначення діаметрів підведень до нагрівальних приладів	46
6.2. Визначення діаметрів стояків.....	47
7. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР НАГРІВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ.....	48
7.1. Розрахунок 1-го поверху.....	48
7.2. Приміщення 1.....	48
7.3. Приміщення 2.....	49
7.4. Приміщення 3.....	50
7.5. Приміщення 4.....	50
7.6. Розрахунок 2-го поверху.....	51
7.7. Приміщення 1.....	51
7.8. Приміщення 2.....	52
7.9. Приміщення 3.....	52
7.10. Приміщення 4.....	53
7.11. Цокольний поверх.....	54
7.12. Результати підбору нагрівальних приладів.....	55
8. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	56
8.1 Технічні рішення та організаційні заходи щодо безпечної експлуатації спроектованого технологічного обладнання.....	56
8.1.1 Електробезпека.....	57
8.2. Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії.....	58
8.2.1. Мікроклімат та склад повітря робочої зони.....	58
8.2.2. Виробниче освітлення.....	59
8.3. Пожежна безпека та профілактика.....	59

ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	61

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення:

- Q — тепловий потік;
 t — температура;
 ρ — густина;
 F — площа;
 K — коефіцієнт теплопередачі;
 P — водоспоживання;
 H — висота;
 C — ширина;
 G — витрата води;
 δ — товщина;
 N — кількість водорозбірних приладів;
 a — ширина будівлі;
 b — довжина будівлі;
 Δt — різниця температур;
 n — поправочний коефіцієнт;
 U — загальна кількість споживачів;
 g — витрата води на годину;
 β — коефіцієнт, який враховує зниження середніх витрат на гаряче водопостачання;
 k — коефіцієнт зниження витрат теплоти на опалення;
 d — діаметр;
 ω — швидкість;
 q — щільність теплового потоку.

Індекси:

- о — опалення;
хз — холодна водопровідна вода у зимовий період;
гв — гаряча вода;
п — поверх;
вн — внутрішнє повітря;

вік – вікно;
 р.о – розрахункова на опалення;
 ст – стіни;
 осн – основні;
 дод – додаткові;
 заг – загальні;
 п1 – приміщення перше;
 п2 – приміщення друге;
 п3 – приміщення третє;
 п4 – приміщення четверте
 ср – середні;
 річ – річні;
 буд – будівлі;
 1 пов – перший поверх;
 2 пов – другий поверх;
 підв – підвал;
 ср.о – середні за опалювальний період;
 р.в – розрахункова на вентиляцію;
 в – вентиляція;
 с – секундна;
 в.г – вода гаряча;
 мер – мережна;
 сист – системи;
 зв – зворотня;
 к – котел;
 заван – завантаження;
 ном – номінальна;
 ст 1 – стояк перший ;
 ст 2 – стояк другий;
 тр – трубопровід;
 екв – еквівалентний;
 відн – відносна;
 год – годинна;
 вик – використання.

Скорочення: ГВП – гаряче водопостачання; ТО – теплообмінник.

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВСТУП

Індивідуальна газова котельня — це технічно оснащене приміщення чи самостійна споруда, де розміщується котельне обладнання для забезпечення будинку теплом та гарячою водою. Основним паливом у таких системах є природний газ. Під час його спалювання у котлі виробляється теплова енергія, що передається робочому теплоносію і направляється до систем опалення та гарячого водопостачання.

Котельня установка — це сукупність взаємопов'язаних технічних засобів: власне котла та допоміжного обладнання, що разом забезпечують надійне і безпечне функціонування системи теплопостачання. У цьому дипломному проєкті розглядається опалення двоповерхового індивідуального будинку з котельнею, розташованою в цокольному поверсі. Теплоносієм є гаряча вода. У рамках проєкту виконано розрахунок двотрубною системи теплопостачання, підібрано водонагрівач та теплообмінник, визначено потрібну теплову потужність котла.

Газові котельні набули значного поширення у приватному секторі завдяки своїй економічності та доступності. Обладнання цього типу характеризується високою ефективністю перетворення палива на теплову енергію і не вимагає складних процедур під час монтажу та щоденного обслуговування.

Водночас експлуатація газових котлів потребує обов'язкового улаштування системи відведення продуктів згоряння. Технічні вимоги до конструкції та матеріалів димоходу є цілком виконуваними за умови дотримання чинних будівельних норм і правил.

У ситуаціях, коли будівля має велику площу або недостатній рівень теплозахисту, особливо в кліматично холодних районах, використання зрідженого газу може виявитися фінансово обтяжливим через часті витрати на поповнення запасів. У таких випадках розглядають альтернативні джерела тепла, зокрема рідкопаливні котли.

До основних ризиків газових систем належить вибухопожежна небезпека, пов'язана з властивостями палива. З огляду на це, перед настанням кожного опалювального сезону необхідно здійснювати планову перевірку технічного стану обладнання із залученням кваліфікованих технічний огляд обладнання із залученням спеціалістів та використанням відповідних сервісних засобів.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ НА ОПАЛЕННЯ

Втрати теплоти здійснюються через стіни, вікна, двері, підлогу та останній поверх.

1.1 Загальний розрахунок теплового навантаження на 1-й поверх

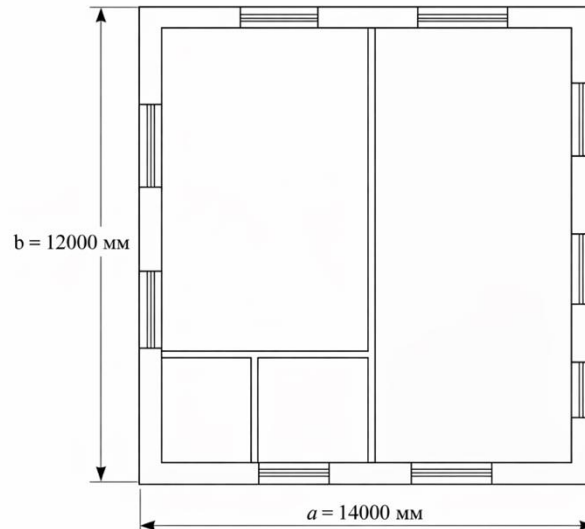


Рис. 1.1 – Конструктивні розміри 1 -го поверху

Початкові дані до розрахунку:

- 1) населений пункт – м. Київ;
- 2) розрахункова температура внутрішнього повітря $t_v = +20^\circ\text{C}$;
- 3) висота поверху $H = 5 \text{ м}$;
- 4) висота вікон $h_v = 3 \text{ м}$;
- 5) ширина меншого вікна $b_1 = 1,6 \text{ м}$;
- 6) ширина більшого вікна $b_2 = 2,7 \text{ м}$;
- 7) конструкція стін – цегляна кладка на легкому розчині із звичайної цегли, товщиною $\delta = 655 \text{ мм}$;
- 8) тип перекриття – залізобетонний збірний настил;
- 9) товщина перекриття $\delta_1 = 160 \text{ мм}$;
- 10) утеплювач – пінобетон товщиною $\delta_2 = 150 \text{ мм}$;
- 11) заповнення світлових прорізів – двошарові склопакети у дерев'яних рамах;
- 12) розміри будинку – $14 \times 12 \text{ м}$;
- 13) кількість поверхів – 2.

Розрахунок теплових втрат виконується відповідно до методики, наведеної у літературному джерелі [1].

Площі поверхонь зовнішніх стін визначаються за їхніми зовнішніми геометричними розмірами. Площі віконних прорізів приймаються за розмірами у світлі. Площі перекриттів та підлоги розраховуються за внутрішніми розмірами приміщень.

За кліматологічними даними для міста Київ за опалювальний період:

$$t_{p.o} = -20^{\circ}C$$

де $t_{p.o}$ — середня температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки за 50 років.

Зовнішні розміри огороження:

$$a_1 = a_2 + 2 \cdot \delta_1$$

$$a_1 = 14000 + 2 \cdot 655 = 15310 \text{ мм} = 15,31 \text{ м}$$

$$b_1 = b_2 + 2 \cdot \delta_1$$

$$b_1 = 12000 + 2 \cdot 655 = 13310 \text{ мм} = 13,31 \text{ м}$$

Висота стіни першого поверху:

$$H_{ст} = H_{п} + 2 \cdot \delta_2 + 2 \cdot \delta$$

$$H_{ст} = 5 + 2 \cdot 0,16 + 2 \cdot 0,15 = 5,62 \text{ м}$$

Площа поверхні вікон:

$$F_{вік1} = H_{вік} \cdot C_{вік1}$$

$$F_{вік1} = 3 \cdot 1,6 = 4,8 \text{ м}^2$$

$$F_{вік2} = H_{вік} \cdot C_{вік2}$$

$$F_{вік2} = 3 \cdot 2,7 = 8,1 \text{ м}^2$$

Площі окремих ділянок поверхні огороження:

$$F_{11} = a_1 \cdot H_{ст}$$

$$F_{11} = 15,31 \cdot 5,62 = 86,04 \text{ м}^2$$

$$F_{12} = b_1 \cdot H_{ст} - F_{вік1} - F_{вік2}$$

$$F_{12} = 13,31 \cdot 5,62 - 4,8 - 8,1 = 61,91 \text{ м}^2$$

$$F_{21} = a_1 \cdot H_{ст}$$

$$F_{21} = 15,31 \cdot 5,62 = 86,04 \text{ м}^2$$

$$F_{22} = b_1 \cdot H_{ст} - F_{вік2}$$

$$F_{22} = 13,31 \cdot 5,62 - 8,1 = 66,71 \text{ м}^2$$

де:

- F_{11} — площа стіни, що орієнтована на північ;
- F_{12} — площа стіни, що орієнтована на схід;
- F_{21} — площа стіни, що орієнтована на південь;
- F_{22} — площа стіни, що орієнтована на захід.

Площа перекриття:

$$F_{пер} = a_2 \cdot b_2$$

$$F_{пер} = 14 \cdot 12 = 168 \text{ м}^2$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.1 - Розрахунок теплових втрат 1 поверху

Зовнішня конструкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри конструкції, м	Площа поверхні конструкцій, м ²	Різниця температур, °С	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² *К)	Основні теплові втрати, Вт	Додаткові втрати до основних, %				Повні теплові втрати, Вт
							сторона світу	Інфільтрація	кутове приміщення	всього	
Зовнішня стіна	північ	$a_1 \times H_{cm}$	86,04	40	0,98	2591,5982	10	-	5	15	2980,338
Зовнішня стіна	схід	$b_1 \times H_{cm} - F_{вік1} - F_{вік2}$	61,91	40	0,98	2089,0542	10	-	5	15	2402,4124
Вікно	схід	$H_{вік} \times C_{вік1}$	4,8	40	2,94	352,8	10	15	5	30	458,64
Вікно	схід	$H_{вік} \times C_{вік2}$	8,1	40	2,94	611,52	10	15	5	30	794,976
Зовнішня стіна	південь	$a_1 \times H_{cm}$	66,1122	40	0,98	2591,5982	5	-	5	10	2850,7581
Зовнішня стіна	захід	$b_1 \times H_{cm} - F_{вік2}$	53,2922	40	0,98	2089,0542	5	-	5	10	2297,9597
Вікно	захід	$H_{вік} \times C_{вік2}$	5,2	40	2,94	611,52	5	15	5	25	764,4
Перекрыття	-	$a_2 \times b_2$	156	40	0,76	4742,4	-	-	-	-	4742,4
Сума											17291,88

Отже, по 1 поверху $Q_{n1} = 17291,88$ Вт

1.2 Приміщення 1

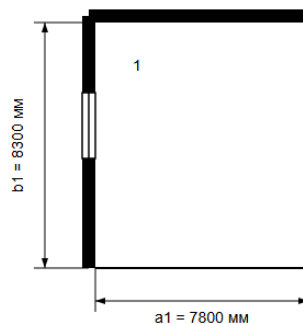


Рисунок 1.2 - Конструктивні розміри приміщення 1

Зовнішні розміри огороження:

$$a_1 = a_2 + \delta_1 = 7800 + 655 = 8455 \text{ мм} = 8,455 \text{ м};$$

$$b_1 = b_2 + \delta_1 = 8300 + 655 = 8955 \text{ мм} = 8,955 \text{ м}.$$

Висота стіни:

$$H_{\text{ст}} = 4,62 \text{ м.}$$

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t = 40 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

Площа поверхні вікон:

$$F_{\text{вік}} = H_{\text{вік}} \cdot C_{\text{вік}} = 5,2 \text{ м}^2.$$

Площі окремих ділянок поверхні огороження:

$$F_{11} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} = 8,455 \cdot 4,62 = 39,0621 \text{ м}^2;$$

$$F_{22} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік}} = 8,955 \cdot 4,62 - 5,2 = 36,172 \text{ м}^2.$$

Площа перекриття:

$$F_{\text{пер}} = a_2 \cdot b_2 = 7,800 \cdot 8,300 = 64,74 \text{ м}^2.$$

Таблиця 1.2 - Таблиця теплових втрат 1 приміщення 1 поверху

Зовнішня конструкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри конструкції, м	Поверхня конструкцій, F_i , м	Розрахункова різниця температур, Δt_i , $^{\circ}\text{C}$	Коефіцієнт теплопередачі, K_i , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$	Основні теплові втрати, $Q_{\text{осн}}$, Вт	Додаткові втрати до основних, %				Повні теплові втрати, Q_p , Вт
							сторона світу	Інфільтрація	кутове приміщення	всього	
Зовнішня стіна	північ	$a_1 \times H_{\text{ст}}$	39.0621	42	0,98	1607	10	-	5	15	1848
Зовнішня стіна	захід	$b_1 \times H_{\text{ст}} - F_{\text{вік}}$	36.172	42	0,98	1488	5	-	5	10	1637
Вікно	захід	$H_{\text{вік}} \times C_{\text{вік}}$	5,2	42	2,94	641	5	15	5	25	801
Перекриття	-	$a_2 \times b_2$	64.74	42	0,76	2066	-	-	-	-	2066
Сума											6352

Отже, по 1 приміщенню 1 поверху $Q_{n1} = 6352 \text{ Вт.}$

1.3 Приміщення 2

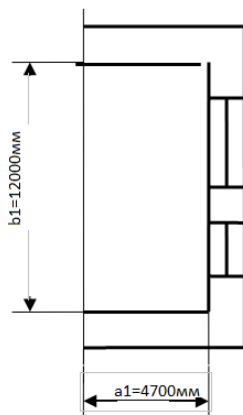


Рисунок 1.3 - Конструктивні розміри приміщення 2

Зовнішні розміри огородження:

$$a1 = a2 + \delta1 = 4700 + 655 = 5355 \text{ мм} = 5,355 \text{ м};$$

$$b_1 = b_2 + \delta_1 = 12000 + 2 \cdot 655 = 13310 \text{ мм} = 13,310 \text{ м}.$$

Висота стіни:

$$H_{\text{ст}} = 5 \text{ м}.$$

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t = 40^\circ \text{C}.$$

Площа поверхні вікон:

$$F_{\text{вік1}} = H_{\text{вік}} \cdot C_{\text{вік1}} = 4,8 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{вік2}} = H_{\text{вік}} \cdot C_{\text{вік2}} = 8,1 \text{ м}^2.$$

Площі окремих ділянок поверхні огородження:

$$F_{11} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} = 5,355 \cdot 4,62 = 26,775 \text{ м}^2;$$

$$F_{12} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік1}} - F_{\text{вік2}} = 13,310 \cdot 4,62 - 5,2 - 3 = 53,65 \text{ м}^2;$$

$$F_{21} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} = 26,775 \text{ м}^2.$$

Площа перекриття:

$$F_{\text{пер}} = a_2 \cdot b_2 = 4,700 \cdot 12,000 = 56,4 \text{ м}^2.$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ДПБ 26 144 56 00 ПЗ

Лист

17

Результати розрахунків наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Таблиця теплових втрат 2 приміщення 1 поверху

Зовнішня конструкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри конструкції, м	Поверхня конструкцій, F_i , м	Розрахункова різниця температур, Δt_i , °C	Коефіцієнт теплопередачі, K_i , Вт/(м²*К)	Основні теплові втрати, $Q_{осн}$, Вт	Додаткові втрати до основних, %				Повні теплові втрати, $Q_{п}$, Вт
							сторона світу	Інфільтрація	кутове приміщення	всього	
Зовнішня стіна	північ	$a_1 \times H_{ст}$	26.775	40	0,98	1049,58	10	-	5	15	1206.02
Зовнішня стіна	схід	$b_1 \times H_{ст}$ - $-F_{вік1}$ $F_{вік2}$	53.65	40	0,98	2103.08	10	-	5	15	2418.54
Вікно	схід	$H_{вік} \times C_{вік1}$	4.8	40	2,94	564.48	10	15	5	30	733.82
Вікно	схід	$H_{вік} \times C_{вік2}$	8.1	40	2,94	952.56	10	15	5	30	128.33
Зовнішня стіна	південь	$a_1 \times H_{ст}$	26.775	40	0,98	1049.58	5	-	5	10	1154.54
Перекрыття	-	$a_2 \times b_2$	56,4	40	0,76	1714,56	-	-	-	-	1714,56
Сума											7455,5564

Отже, по 2 приміщенню $Q_{n2} = 8465.81$ Вт.

1.4. Приміщення 3

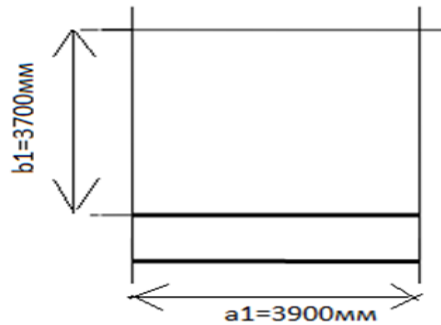


Рисунок 1.4 - Конструктивні розміри приміщення 3

Зовнішні розміри огороження:

$$a_1 = a_2 + \delta_1 = 4000 + 655 = 4655 \text{ мм} = 4,655 \text{ м}$$

$$b_1 = b_2 + \delta_1 = 4000 + 655 = 4655 \text{ мм} = 4,655 \text{ м}$$

Висота стіни:

$$H_{\text{ст}} = 5 \text{ м}$$

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t = 40^\circ \text{C}$$

Площа поверхні ділянки огороження:

$$F_{21} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} = 4,655 \cdot 5 = 23,275 \text{ м}^2$$

$$F_{22} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} = 4,655 \cdot 5 = 23,275 \text{ м}^2$$

Площа перекриття:

$$F_{\text{пер}} = a_2 \cdot b_2 = 4,0 \cdot 4,0 = 16,0 \text{ м}^2$$

Таблиця 1.4 – Результати теплового навантаження приміщення 3, 1 поверх.

Зовнішня конструкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри конструкції, м	Поверхня конструкції, F_b , м	Розрахункова різниця температур, Δt_i , °C	Коефіцієнт теплопередачі, K_i , Вт/(м²*К)	Основні теплові втрати, $Q_{\text{осн}}$, Вт	Додаткові втрати до основних, %				Повні теплові втрати, Q_p , Вт
							стона світу	Інфільтрація	кутове приміщення	всього	
Зовнішня стіна	південь	$a_1 \times H_{\text{ст}}$	23.275	40	0,98	912.38	5	-	-	5	958
Перекриття	-	$a_2 \times b_2$	16	40	0,76	486.4	-	-	-	-	486.4
Сума											1444.4

Отже, по 3 приміщенню теплові втрати $Q_{n3} = 1444.4$ Вт.

1.5. Приміщення 4

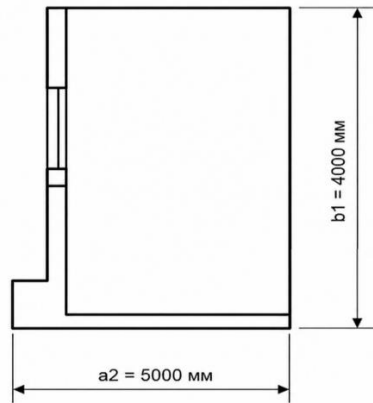


Рисунок 1.5 - Конструктивні розміри приміщення 4, 1-й поверх

Зовнішні розміри огороження:

$$a1 = a2 + \delta1 = 5000 + 655 = 5655 \text{ мм} = 5,655 \text{ м};$$

$$b1 = b2 + \delta1 = 4000 + 655 = 4655 \text{ мм} = 4,655 \text{ м}.$$

Висота стіни:

$$H_{\text{ст}} = 5 \text{ м}.$$

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t = 40^\circ \text{C}.$$

Площі поверхні окремих ділянок огороження:

$$F21 = a1 \cdot H_{\text{ст}} = 5,655 \cdot 5 = 28,275 \text{ м}^2;$$

$$F22 = b1 \cdot H_{\text{ст}} = 4,655 \cdot 5 = 23,275 \text{ м}^2.$$

Площа перекриття:

$$F_{\text{пер}} = a2 \cdot b2 = 5,0 \cdot 4,0 = 20,0 \text{ м}^2$$

Результати розрахунків наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 - Результати теплового навантаження приміщення 4, 1 поверх

Зовнішня конструкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри конструкції, м	Поверхня конструкцій, F_i , м	Розрахункова різниця температур, Δt_i , $^\circ\text{C}$	Коефіцієнт теплопередачі, K_i , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$	Основні теплові втрати, $Q_{\text{осн}}$, Вт	Додаткові втрати до основних, %				Повні теплові втрати, $Q_{\text{п}}$, Вт
							стору на світу	Інфільтрація	кутове приміщення	всього	
Зовнішня стіна	південь	$a_1 \times H_{\text{ст}}$	28,275	40	0,98	1108,38	5	-	5	10	1219,22
Зовнішня стіна	захід	$b_1 \times H_{\text{ст}}$	23,275	40	0,98	912,38	5	-	5	10	1003,62

Перекриття	-	$a_2 \times b_2$	20,0	40	0,76	608,00	-	-	-	-	608,00
Сума											2830,84 Вт

Отже, $Q_{n4}=2830,84$ Вт

Підрахуємо загальні теплові втрати:

$$Q_n = Q_{n1} + Q_{n2} + Q_{n3} + Q_{n4} = 6352 + 8465,81 + 1444,40 + 2830,84 = 19093,05 \text{ Вт.}$$

Отже, похибка розрахунків:

$$\delta_1 = \frac{Q_{n, \text{заг}} - Q_n}{Q_{n, \text{заг}}} \cdot 100\% = \delta_1 = \frac{19285 - 19093,05}{19285} \cdot 100\% = 0,99\% - \text{дане значення є}$$

допустимим, оскільки максимальна похибка — це 5%.

1.6. Загальний розрахунок теплового навантаження на 2-й поверх

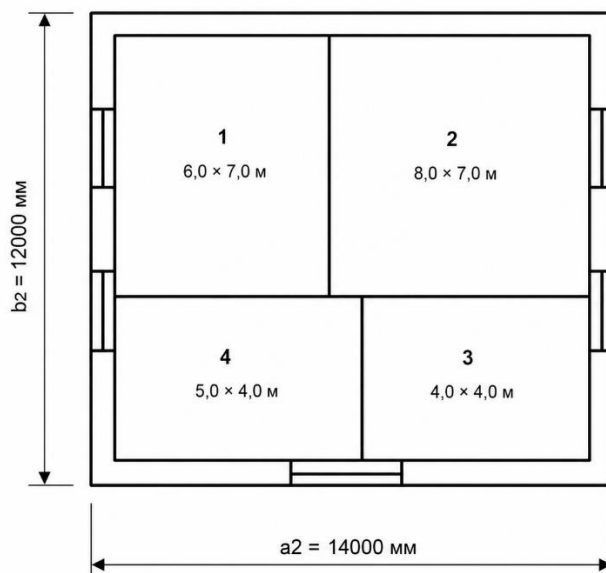


Рисунок 1.6 – Конструктивні розміри 2-го поверху

Вихідні дані такі, як в п.1.1, а саме:

1. $t_{\text{вн}} = +20^\circ \text{C}$;
2. $H_{\text{бік}} = 3 \text{ м}$;
3. $H_{\text{п}} = 5 \text{ м}$;
4. $C_{\text{бік1}} = 1,6 \text{ м}$;
5. $C_{\text{бік2}} = 2,7 \text{ м}$;
6. $\delta_1 = 655 \text{ мм}$, $K_{\text{ст}} = 0,98 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
7. $\delta_2 = 160 \text{ мм}$, $\delta = 150 \text{ мм}$, $K_{\text{пер}} = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
8. $K_{\text{бік}} = 2,94 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $t_{\text{р.о.}} = -20^\circ \text{C}$.

Розрахункова різниця температур:

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ					Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						21

$$a_1 = a_2 + 2 \cdot \delta_1 = 14000 + 2 \cdot 655 = 15310\text{мм} = 15,310\text{м},$$

$$b_1 = b_2 + 2 \cdot \delta_1 = 12000 + 2 \cdot 655 = 13310\text{мм} = 13,310\text{м}.$$

Висота верхнього поверху:

$$H_{\text{ст}} = H_{\text{п}} + \delta_2 + \delta = 5 + 0,16 + 0,15 = 5,31\text{м}.$$

Площа поверхні вікон:

$$F_{\text{вік1}} = H_{\text{вік}} \cdot C_{\text{вік1}} = 3 \cdot 1,6 = 4,8\text{м}^2;$$

$$F_{\text{вік2}} = H_{\text{вік}} \cdot C_{\text{ок2}} = 3 \cdot 2,7 = 8,1\text{м}^2.$$

Площі поверхні окремих ділянок огородження:

$$F_{11} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} = 15,31 \cdot 5,31 = 81,30 \text{ м}^2;$$

$$F_{12} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік1}} - F_{\text{вік2}} = 13,31 \cdot 5,31 - 4,8 - 8,1 = 57,77 \text{ м}^2;$$

$$F_{21} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік2}} = 15,31 \cdot 5,31 - 8,1 = 73,20 \text{ м}^2;$$

$$F_{22} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік2}} = 13,31 \cdot 5,31 - 8,1 = 62,57 \text{ м}^2;$$

де F_{11} – площа стіни, спрямована на північ;

F_{12} – площа стіни, спрямована на схід;

F_{21} – площа стіни, спрямована на південь;

F_{22} – площа стіни, спрямована на захід.

Площа перекриття:

$$F_{\text{пер}} = a_2 \cdot b_2 = 14 \cdot 12 = 168 \text{ м}^2$$

Розрахункова різниця температур:

$$a_1 = a_2 + 2 \cdot \delta_1 = 14000 + 2 \cdot 655 = 15310\text{мм} = 15,310\text{м},$$

$$b_1 = b_2 + 2 \cdot \delta_1 = 12000 + 2 \cdot 655 = 13310\text{мм} = 13,310\text{м}.$$

Висота верхнього поверху:

$$H_{\text{ст}} = H_{\text{п}} + \delta_2 + \delta = 5 + 0,16 + 0,15 = 5,31\text{м}.$$

Площа поверхні вікон:

$$F_{\text{вік1}} = H_{\text{вік}} \cdot C_{\text{вік1}} = 3 \cdot 1,6 = 4,8\text{м}^2;$$

$$F_{\text{вік2}} = H_{\text{вік}} \cdot C_{\text{ок2}} = 3 \cdot 2,7 = 8,1\text{м}^2.$$

Площі поверхні окремих ділянок огородження:

$$F_{11} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} = 15,31 \cdot 5,31 = 81,30 \text{ м}^2;$$

$$F_{12} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік1}} - F_{\text{вік2}} = 13,31 \cdot 5,31 - 4,8 - 8,1 = 57,77 \text{ м}^2;$$

$$F_{21} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік2}} = 15,31 \cdot 5,31 - 8,1 = 73,2 \text{ м}^2;$$

$$F_{22} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік2}} = 13,31 \cdot 5,31 - 8,1 = 62,57 \text{ м}^2;$$

де F_{11} – площа стіни, спрямована на північ;

F_{12} – площа стіни, спрямована на схід;

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

F_{21} – площа стіни, спрямована на південь;

F_{22} – площа стіни, спрямована на захід.

Площа перекриття:

$$F_{\text{пер}} = a_2 \cdot b_2 = 14 \cdot 13 = 168 \text{ м}^2.$$

Результати розрахунків наведено в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 - Результат загального розрахунку теплових навантажень на 2 поверх.

Зовнішня конструкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри конструкції, м	Поверхня конструкцій, F_i , м	Розрахункова різниця температур, Δt_i , °C	Коефіцієнт теплопередачі, K_i , Вт/(м²*К)	Основні теплові втрати, $Q_{\text{осн}}$, Вт	Додаткові втрати до основних, %				Повні теплові втрати, Q_p , Вт
							стору на світу	Інфільтрація	кутове приміщення	всього	
Зовнішня стіна	північ	$a_1 \times H_{\text{ст}}$	81,30	40	0,98	3186,96	10	-	5	15	3665,00
Зовнішня стіна	схід	$b_1 \times H_{\text{ст}} - F_{\text{вік1}} - F_{\text{вік2}}$	57,77	40	0,98	2264,58	10	-	5	15	2604,27
Вікно	схід	$H_{\text{вік}} \times C_{\text{вік1}}$	4.8	40	2,94	564,48	10	15	5	30	733,82
Вікно	схід	$H_{\text{вік}} \times C_{\text{вік2}}$	8.1	40	2,94	952,56	10	15	5	30	1238,33
Зовнішня стіна	південь	$a_1 \times H_{\text{ст}} - F_{\text{вік2}}$	72.2	40	0,98	2869,44	5	-	5	10	3156,38
Вікно	південь	$H_{\text{вік}} \times C_{\text{вік2}}$	8.1	40	2,94	952,56	5	15	5	25	1190,70
Зовнішня стіна	захід	$b_1 \times H_{\text{ст}} - F_{\text{вік2}}$	62.57	40	0,98	2452,74	5	-	5	10	2697,01
Вікно	захід	$H_{\text{вік}} \times C_{\text{вік2}}$	8.1	40	2,94	952,56	5	15	5	25	1190,70
Перекриття	-	$a_2 \times b_2$	168	40	0,76	5107,20	-	-	-	-	5107,20
Сума											21583,41

Отже, $Q_p^{\text{заг}} = 21583,41 \text{ Вт}$.

1.7 Приміщення 1

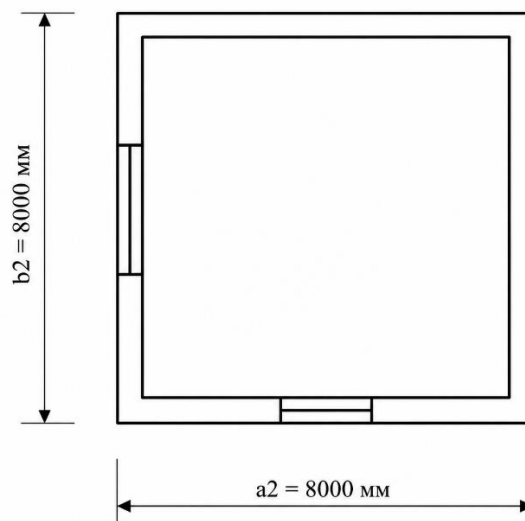


Рисунок 1.7 - Конструктивні розміри приміщення 1, 2-й поверх

Зовнішні розміри огородження:

$$a_1 = a_2 + \delta_1 = 8000 + 655 = 8655 \text{ мм} = 8,655 \text{ м}$$

$$b_1 = b_2 + \delta_1 = 8000 + 655 = 8655 \text{ мм} = 8,655 \text{ м}.$$

Висота стіни:

$$H_{\text{ст}} = 5,31 \text{ м}.$$

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t = 40^\circ \text{C}.$$

Площа поверхні вікна:

$$F_{\text{вік}} = H_{\text{вік}} \cdot C_{\text{вік}} = 8,1 \text{ м}^2.$$

Площі окремих ділянок поверхні огородження:

$$F_{11} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} = 8,655 \cdot 5,31 = 45,96 \text{ м}^2;$$

$$F_{22} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік}} = 8,655 \cdot 5,31 - 8,1 = 37,86 \text{ м}^2.$$

Площа перекриття:

$$F_{\text{пер}} = a_2 \cdot b_2 = 8 \cdot 8 = 64 \text{ м}^2.$$

Таблиця 1.7 - Розрахунок теплових втрат 1 приміщення 2 поверху

Зовнішня конструкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри конструкції, м	Поверхня конструкцій, F_i , м	Розрахункова різниця температур, Δt_i , °C	Коефіцієнт теплопередачі, K_i , $Вт/(м^2 \cdot K)$	Основні теплові втрати, $Q_{осн}$, $Вт$	Додаткові втрати до основних, %				Повні теплові втрати, Q_n , $Вт$
							стона світу	Інфільтрація	кутове приміщення	всього	
Зовнішня стіна	північ	$a_1 \times H_{ст}$	45.96	40	0,98	1801,63	10	-	5	15	2071,87
Зовнішня стіна	захід	$b_1 \times H_{ст} - F_{вік}$	37.86	40	0,98	1484,11	5	-	5	10	1632,52
Вікно	захід	$H_{вік} \times C_{вік}$	8.1	40	2,94	952,56	5	15	5	25	1190,70
Перекрыття	-	$a_2 \times b_2$	64	40	0,76	1945,60	-	-	-	-	1945,60
Сума											6840,69

Отже, по приміщенню 1 теплові втрати дорівнюють $Q_{n1} = 6840,69 \text{ Вт}$

1.8 Приміщення 2

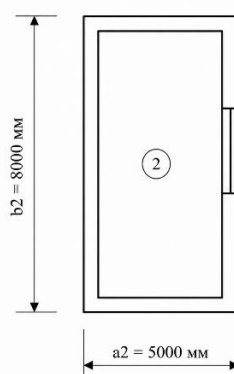


Рисунок 1.8 - Конструктивні розміри приміщення 2, 2-й поверх

Зовнішні розміри огородження:

$$a_1 = a_2 + \delta_1 = 5000 + 655 = 5655 \text{ мм} = 5,655 \text{ м};$$

$$b_1 = b_2 + \delta_1 = 8000 + 655 = 8655 \text{ мм} = 8,655 \text{ м}.$$

Висота стіни:

$$H_{\text{ст}} = 5,31\text{м.}$$

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t = 40^{\circ}\text{C.}$$

Площа поверхні вікон:

$$F_{\text{вік}} = 5,31\text{м}^2.$$

Площа окремих ділянок поверхні огороження:

$$F_{11} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} = 5,655 \cdot 5,31 = 30,03\text{м}^2;$$

$$F_{12} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік}} = 8,655 \cdot 5,31 - 8,1 = 37,86\text{м}^2.$$

Площа перекриття:

$$F_{\text{пер}} = a_2 \cdot b_2 = 5 \cdot 8 = 40\text{м}^2$$

Результати розрахунків наведено в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 - Таблиця розрахунків теплових втрат приміщення 2

Зовнішня кон-струкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри кнструкції, м	Поверхня кон-струкцій, F_i , м	Розрахункова різниця температур, Δt_i , $^{\circ}\text{C}$	Коефіцієнт теплопередачі, K_i , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$	Основні теплові втрати, $Q_{\text{осн}}$, Вт	Додаткові втрати до основних, %				Повні теплові втрати, Q_n , Вт
							стона світу	Інфільтрація	кутове приміщення	всього	
Зовнішня стіна	північ	$a_1 \times H_{\text{ст}}$	30.03	40	0,98	1177,18	10	-	5	15	1353,76
Зовнішня стіна	схід	$b_1 \times H_{\text{ст}} - F_{\text{вік}}$	37.86	40	0,98	1484,11	10	-	5	15	1706,73
Вікно	схід	$H_{\text{вік}} \times C_{\text{вік}}$	8,1	40	2,94	952,56	10	15	5	30	1238,33
Перекриття	-	$a_2 \times b_2$	40	40	0,76	1216,00	-	-	-	-	1216,00
Сума											5514,82

Отже, по приміщенню 2 теплові втрати $Q_{n2} = 5514,82\text{Вт}$.

1.9 Приміщення 3

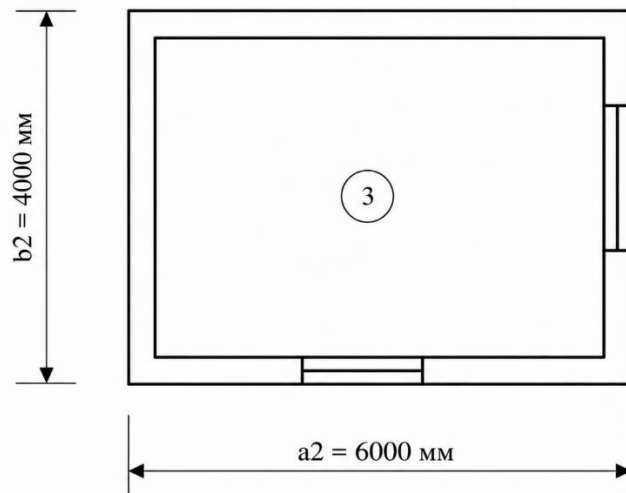


Рисунок 1.9 - Конструктивні розміри приміщення 3, 2-й поверх

Зовнішні розміри огородження:

$$a_1 = a_2 + \delta_1 = 6000 + 655 = 6655 \text{ мм} = 6,655 \text{ м};$$

$$b_1 = b_2 + \delta_1 = 4000 + 655 = 4655 \text{ мм} = 4,655 \text{ м}.$$

Висота стіни:

$$H_{\text{ст}} = 5,31 \text{ м}.$$

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t = 40^\circ \text{C}.$$

Площа поверхні вікон:

$$F_{\text{вік1}} = 4,8 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{вік2}} = 8,1 \text{ м}^2.$$

Площі ділянок поверхні огороження:

$$F_{12} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік1}} = 4,655 \cdot 5,31 - 4,8 = 19,92 \text{ м}^2$$

$$F_{21} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} - F_{\text{вік2}} = 6,655 \cdot 5,31 - 8,1 = 27,23 \text{ м}^2.$$

Площа перекриття:

$$F_{\text{пер}} = a_2 \cdot b_2 = 6 \cdot 4 = 24 \text{ м}^2.$$

Таблиця 1.8 - Розрахунок теплових втрат приміщення 3 поверх 2

Зовнішня конструкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри крнструкції, м	Поверхня конструкцій, F_i , м	Розрахункова різниця температур, Δt_i , °C	Коефіцієнт теплопередачі, K_i , $Вт/(м^2 \cdot K)$	Основні теплові втрати, $Q_{осн}$, $Вт$	Додаткові втрати до основних, %				Повні теплові втрати, Q_n , $Вт$
							ст	Ін	ку	всь	
Зовнішня стіна	схід	$b_1 \times H_{ст.} - F_{вік1}$	19.92	40	0,98	780,86	10	-	5	15	897,99
Вікно	схід	$H_{вік} \times C_{вік1}$	4.8	40	2,94	564,48	10	15	5	30	733,82
Зовнішня стіна	південь	$a_1 \times H_{ст.} - F_{вік2}$	27.23	40	0,98	1067,42	5	-	5	10	1174,16
Вікно	південь	$H_{вік} \times C_{вік2}$	8.1	40	2,94	952,56	5	15	5	25	1190,70
Перекрыття	-	$a_2 \times b_2$	24	40	0,76	729,60	-	-	-	-	729,60
Сума											4726,27

Отже, по приміщенню 3 $Q_{n3} = 4726,27 \text{ Вт}$.

1.10. Приміщення 4

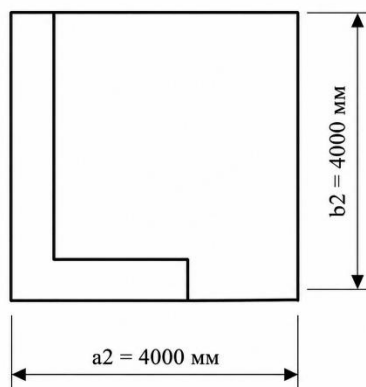


Рисунок 1.10 - Конструктивні розміри приміщення 4, 2-й поверх

Зовнішні огороження:

$$a_1 = a_2 + \delta_1 = 4000 + 655 = 4655 \text{ мм} = 4,655 \text{ м};$$

$$b_1 = b_2 + \delta_1 = 4000 + 655 = 4655 \text{ мм} = 4,655 \text{ м}.$$

Висота стіни:

$$H_{\text{ст}} = 5,31\text{м.}$$

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t = 40^{\circ}\text{C.}$$

Площі ділянок поверхні огородження:

$$F_{21} = a_1 \cdot H_{\text{ст}} = 4,655 \cdot 5,31 = 24,72\text{м}^2;$$

$$F_{22} = b_1 \cdot H_{\text{ст}} = 4,655 \cdot 5,31 = 24,72\text{м}^2.$$

Площа перекриття:

$$F_{\text{пер}} = a_2 \cdot b_2 = 4 \cdot 4 = 16\text{м}^2.$$

Результати розрахунків наведено в табл. 1.9.

Таблиця 1.9 - Результати теплового навантаження приміщення 4, 2 поверх.

Зовнішня конструкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри конструкції, м	Поверхня конструкцій, F_i , м	Розрахункова різниця температур, Δt_i , $^{\circ}\text{C}$	Коефіцієнт теплопередачі, K_i , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$	Основні теплові втрати, $Q_{\text{осн}}$, Вт	Додаткові втрати до основних, %				Повні теплові втрати, Q_n , Вт
							стонасвітту	Інфільтрація	кутове приміщення	всього	
Зовнішня стіна	південь	$a_1 \times H_{\text{ст}}$	24.72	40	0,98	968,94	5	-	5	10	1065,83
Зовнішня стіна	захід	$b_1 \times H_{\text{ст}}$	24.72	40	0,98	968,94	5	-	5	10	1065,83
Перекриття	-	$a_2 \times b_2$	16	40	0,76	486.4	-	-	-	-	486,40
Сума											2618,06

По приміщенню 4 теплові втрати $Q_{n4} = 2618.06\text{Вт}$

Загальні теплові втрати:

$$Q_n = Q_{n1} + Q_{n2} + Q_{n3} + Q_{n4} = 6840.69 + 5514.82 + 2618.06 + 2618.06 = 19699.84\text{Вт}$$

Отже, похибка розрахунків:

$$\delta_1 = \left| \frac{Q_{n.\text{общ}} - Q_n}{Q_{n.\text{общ}}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{20583.41 - 19699.84}{20583.41} \right| \cdot 100\% = 1.73\%, \text{ бо максимальна похибка}$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ					Лист
										29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

теплових втрат - це 5%.

1.11 Загальний розрахунок теплових навантажень на цокольний поверх

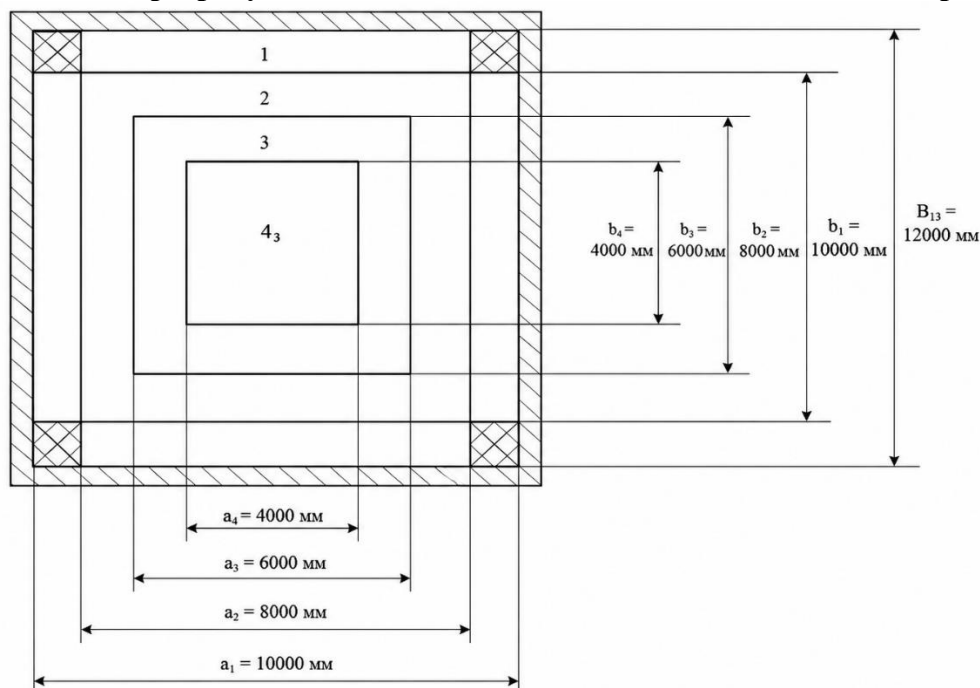


Рисунок 1.11 – План цокольного поверху

У цокольному поверсі передбачено розташування основного теплотехнічного обладнання, а саме:

- газового котла;
- пластинчастого теплообмінника;
- бойлера непрямого нагріву.

Для виконання теплотехнічного розрахунку поверхню підлоги цокольного поверху умовно поділяємо на чотири окремі зони. Ширина кожної наступної зони приймається із збільшенням на 2 м.

Значення опору теплопередачі для окремих зон приймаються:

$$R_1 = 4,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

$$R_2 = 6,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

$$R_3 = 11 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

$$R_4 = 15 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$$

Теплові втрати через підлогу визначаються за формулою:

$$Q_{\text{підв}} = \sum_{i=1}^4 \frac{F_i}{R_i} \Delta t, \quad (1.4)$$

де $\Delta t = 30^\circ\text{C}$ – розрахункова різниця температур між внутрішнім та зовнішнім

		середовищем.			ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		30

Тоді:

$$F_4 = a_{43} \cdot b_{43} = 4,0 \cdot 4,0 = 16 \text{ м}^2;$$

$$F_3 = a_{33} \cdot b_{33} - F_4 = 6,0 \cdot 4,0 - 16 = 8 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = a_{23} \cdot b_{23} - F_3 - F_4 = 8,0 \cdot 8,0 - 8 - 16 = 40 \text{ м}^2;$$

$$F_1 = a_{13} \cdot b_{13} - F_2 - F_3 - F_4 = 14,0 \cdot 12,0 - 40 - 8 - 16 = 104 \text{ м}^2,$$

де F_4, F_3, F_2, F_1 – площі підлоги відповідно 1-ї, 2-ї, 3-ї та 4-ї зон.

Отже,

$$Q_{\text{підв}} = \left(4 \cdot \frac{F_{2 \times 2}}{R_1} \cdot 2 + \frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \frac{F_3}{R_3} + \frac{F_4}{R_4} \right) \Delta t =$$
$$\left(4 \cdot \frac{4}{4,2} \cdot 2 + \frac{104}{4,2} + \frac{40}{6,5} + \frac{8}{11} + \frac{16}{15,0} \right) \cdot 30 = 1226,57 \text{ Вт} .$$

Отже,

$$Q_{\text{підв}} = 1226,57 \text{ Вт}.$$

1.12 Сумарні теплові втрати

Підрахуємо теплові втрати для всієї будівлі:

$$Q_{\text{буд}} = Q_{1\text{пов}} + Q_{2\text{пов}} + Q_{\text{підв}} = 20500 + 21583,41 + 1226,57 = 43309,98 \text{ Вт} \approx 43,31 \text{ кВт}$$

Отже, розрахункова витрата тепла: $Q = 43,31 \text{ кВт}$.

1.13 Середні витрати теплоти на опалення

Середня витрата теплоти на опалювання розраховується по формулі:

$$Q_{\text{ср}} = Q \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}}, \quad (1.5)$$

де $t_{\text{ср.о}} = -0,3^\circ\text{C}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період для м. Київ

Отже:

$$Q_{\text{ср}} = 43,31 \cdot \frac{20 - (-0,3)}{20 + 20} = 21,98 \text{ кВт}.$$

1.14 Річна витрата теплоти на опалення

Річна витрата теплоти на опалення визначається за формулою:

$$Q_{\text{річ}} = Q_{\text{ср}} \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 3600,$$

де n_0 – тривалість опалювального періоду;

$n_0 = 175$ днів

Отже: $Q_{\text{річ}} = 21,98 \cdot 10^3 \cdot 175 \cdot 24 \cdot 3600 = 332,34 \text{ ГДж}$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ НА ВЕНТИЛЯЦІЮ

2.1 Розрахунок системи вентиляції котельного залу

Об'єм котельні: $V = 4 \cdot 4 \cdot 5 = 80 \text{ м}^3$.

Кількість повітря для триразового повітрообміну

$$V_1 = 80 \cdot 3 = 240 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кількість тепла на нагрів повітря:

$$Q = V_1 \cdot \rho \cdot C \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{сп}}) / 3600$$

Кількість тепла на триразовий повітрообмін:

$$Q_3^B = 240 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 1,29 \cdot (20 + 0,3) / 3600 = 1744,6 \text{ Вт};$$

2.2 Середні теплові втрати на вентиляцію

Середні теплові втрати на вентиляцію:

$$Q_B^{\text{сп}} = Q_B \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^{\text{сп.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}};$$

Оскільки використовується вентиляція без обмеження часу роботи, тоді:

$$Q_{\text{в,сп}}^{\text{б.о}} = 1744,6 \cdot \frac{20+0,3}{20+20} = 855,4 \text{ Вт.}$$

- де $t_{\text{н}}^{\text{сп.о}}$ — середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період.
для Помічної $t_{\text{н}}^{\text{сп.о}} = -0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

2.3. Річні теплові втрати на вентиляцію

Річні теплові втрати на вентиляцію визначаються за формулою:

$$Q_B^{\text{річ}} = Q_B^{\text{сп}} n_0 \cdot z_B \cdot 3600.$$

$$Q_o^{\text{річ}} = 885,4 \cdot 175 \cdot 24 \cdot 3600 = 13,39 \text{ ГДж/год.}$$

де n_0 — тривалість опалювального періоду за кількістю днів зі

стійкою середньою добовою температурою зовнішнього повітря $8 \text{ } ^\circ\text{C}$ і нижче ,

$n_0 = 175$ діб — тривалість опалювального періоду;.

z_B — тривалість роботи вентиляції за добу;.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

З ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ТЕПЛОТИ НА ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Витрата теплоти на гаряче водопостачання має нерівномірний добовий характер та практично не залежить від пори року.

У системі гарячого водопостачання житлового будинку передбачено такі санітарно-технічні прилади: ванна, кухонна мийка, два душі, два умивальники, посудомийна машина, пральна машина, три рушникосушарки та два унітази.

Відповідно до вимог СНіП температура гарячої води в системі гарячого водопостачання приймається $t = 55^{\circ}\text{C}$.

Для даної житлової будівлі прийнята циркуляційна система гарячого водопостачання з примусовою циркуляцією теплоносія.

3.1 Секундна витрата води

Секундна витрата гарячої води визначається для всіх водорозбірних приладів за формулою:

$$G_c = 5 \cdot g \cdot \alpha \quad (3.1)$$

де $g = 0,2 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ – витрата гарячої води одним водорозбірним приладом для житлових будівель. Це значення ми берем на основі витрат води для ванної, оскільки це прилад з найбільшою витратою води на годину $g_x = 200 \text{ кг/год}$ згідно з;

$\alpha = f(N, P)$ – безрозмірна величина, визначається по таблиці згідно від кількості водорозбірних точок і ймовірності їх працездатності під час найбільшого водоспоживання P .

Ймовірність одночасної роботи водорозбірних приладів у період максимального водоспоживання визначається за відповідними таблицями нормативної літератури

$$P = g_{\text{в.с.}} U / (3600 \cdot g \cdot N), \quad (3.2)$$

де $g_{\text{в.с.}} = 10,9 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ – норма витрати гарячої води одним споживачем для житлових будівель з підвищеними вимогами за годину найбільшого водоспоживання згідно з нормативними даними

U – загальна кількість споживачів гарячої води

N – загальна кількість водорозбірних приладів у системі гарячого водопостачання

$$P = \frac{10,9 \cdot 6}{3600 \cdot 0,2 \cdot 13} = 0,007.$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

Для визначення коефіцієнта α за таблицею необхідно знайти значення NP :

$$NP = 13 \cdot 0,007 = 0,091.$$

За таблицею визначаємо $\alpha = f(NP = 0,091) = 0,35$.

$$G_c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,35 = 0,35 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

3.2 Розрахункова витрата гарячої води за годину найбільшого водоспоживання

Розрахункова витрата гарячої води за годину найбільшого водоспоживання, яка необхідна для підбору водонагрівача, визначається за формулою:

$$G_{\text{год}} = 18 \cdot 10^3 \cdot g \cdot E \cdot \alpha$$

де $E = 0,28$, коефіцієнт використання водорозбірних приладів, який приймається для приладу з найбільшою годинною витратою води;

$\alpha = f(N; P)$ – безрозмірний коефіцієнт, який визначається за графіком залежно від кількості водорозбірних приладів та ймовірності їх використання в період максимального водоспоживання.

Ймовірність використання водорозбірних приладів у годину найбільшого водоспоживання визначається за формулою:

$$P_{\text{год}} = \frac{D}{E}$$

$$P_{\text{год}} = \frac{0,007}{0,28} = 0,025.$$

Для визначення $\alpha_{\text{год}}$ по графіку необхідно визначити добуток:

$$NP_{\text{год}} = 13 \cdot 0,025 = 0,325$$

За графіком визначаємо: $\alpha_{\text{год}} = f(NP_{\text{год}} = 0,325) = 0,56$.

$$G_{\text{год}} = 18 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,28 \cdot 0,56 = 564,48 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

3.3 Максимальна витрата теплоти на гаряче водопостачання

Максимальна (розрахункова) витрата теплоти на гаряче водопостачання визначається по формулі:

$$Q_{\text{гвп}} = 1,163 \cdot G_{\text{год}} \cdot (t_{\text{гар.вод}} - t_{\text{хол.вод}}) \cdot Q_{\text{под}} + Q_{\text{цир}}$$

де Q_n і $Q_{\text{ц}}$ – втрати теплоти у подаючих трубопроводах системи гарячого водопостачання

$t_{\text{г.в}} = 55^\circ\text{C}$ температура гарячої води

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$t_{x.3} - 5^{\circ}\text{C}$ температура холодної води у зимовий період

Втрати теплоти в подаючих та циркуляційних трубопроводах для житлового будинку приймаються у межах нормативних значень.

$$Q_{\text{п}} + Q_{\text{ц}} = 0,06 Q_0 \approx (0,04 - 0,08) Q_0$$

В результаті отримуємо максимальну витрату теплоти на ГВП:

$$Q_{\text{гв.мах}} = 1,163 \cdot 564,48 \cdot (55 - 5) = 32817,31 \text{ Вт} = 32,8 \text{ кВт.}$$

3.4 Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання за опалювальний період

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання за опалювальний період визначається за укрупненими показниками за формулою:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{гв.мах}}}{(2 \div 2,4)}$$

$$Q_{\text{ср}}^{\text{ГВП}} = \frac{32817,31}{2,2} = 14916,96 \text{ Вт} = 14,92 \text{ кВт.}$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35

3.5 Середня витрата теплоти на ГВП споживачів у літній період

Середня витрата теплоти на ГВП споживачів у літній період знаходиться по формулі:

$$Q_{\text{ср,л}}^{\text{ГВП}} = Q_{\text{ср}}^{\text{ГВП}} \cdot \frac{t_{\text{г.в}} - t_{\text{х.л}}}{t_{\text{г.в}} - t_{\text{х.в}}} \cdot \beta, \quad (3.8)$$

де $t_{\text{х.л}}$ – температура холодної водопровідної води в літній період $t_{\text{х.л}} = 15^\circ\text{C}$;

β – коефіцієнт, який враховує зниження середньої витрати води на ГВП у літній період відносно отопалювального, $\beta = 0,8$ згідно з

Отже:

$$Q_{\text{ср,л}}^{\text{ГВП}} = 14917 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 9547 \text{ Вт} = 9,547 \text{ кВт.}$$

3.6 Річна витрата теплоти на ГВП

Річна витрата теплоти на ГВП визначається по формулі:

$$Q_{\text{год}}^{\text{ГВС}} = [Q_{\text{ср}}^{\text{ГВС}} n_o + Q_{\text{ср,л}}^{\text{ГВС}} (350 - n_o)] \cdot 24 \cdot 3600 \quad (3.9)$$

де $n_o = 175$ днів.

Отже:

$$Q_{\text{год}}^{\text{ГВС}} = [14917 \cdot 175 + 9547 \cdot 175] \cdot 24 \cdot 3600 = 370.19 \text{ ГДж/год.}$$

Результати по річній витраті теплоти ГВП, опаленні та вентиляції показані в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Результати розрахунків навантажень на опалення, вентиляцію і ГВП

	Розрахунковий	Середній	Середній лі- тній	Річний
Опалення	43.31 кВт	21.98 кВт	-	10.54 кВт
Вентиляція	1.745 кВт	0,885 кВт	-	0.42 кВт
ГВП	32.82 кВт	14,92 кВт	9,547 кВт	11.74 кВт
Сумарний	77.875 кВт	37,785 кВт	9,547 кВт	22.70 кВт

4 СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

4.1 Опис системи теплопостачання.

Теплопостачання індивідуального житлового будинку забезпечується котельною установкою, розміщеною в цокольному поверсі будівлі. Як теплоносієм застосовується гаряча вода з температурою на подачі 95 °С.

Прийнята двотрубна замкнена система теплопостачання, у якій теплоносієм циркулює по замкнутому контуру та не відбирається із мережі.

4.2 Розрахунок теплової схеми котельної для максимального зимового режиму роботи котельної

Розрахунок виконано відповідно до методики, наведеної в літературі [1].

Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення для максимального зимового режиму $\beta_o = 1$.

Розрахунковий відпуск теплоти на опалення: $Q_o = 43\,310 \text{ Вт}$.

Розрахунковий відпуск теплоти на вентиляцію: $Q_v = 1\,745 \text{ Вт}$.

Розрахунковий відпуск теплоти на гаряче водопостачання: $Q_{\text{ГВП}} = 32\,820 \text{ Вт}$.

Температура мережевої води на виході з котельні: $t_1 = 95^\circ\text{С}$.

Температура зворотної мережевої води після системи опалення: $t_2 = 70^\circ\text{С}$.

Сумарний відпуск теплоти на опалення і вентиляцію:

$$Q_{o,v} = (Q_o + Q_v) \cdot \kappa_{ov}, \quad (4.1)$$

$$Q_{o,v} = (43310 + 1745) \cdot 1 = 45055.0 \text{ Вт}$$

Витрата води:

$$G_{o,v} = \frac{Q_{o,v}}{C_v \cdot (t_1 - t_2)}, \quad (4.2)$$

де $C_v = 4198 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – питома теплоємність води при середній температурі мережевої води.

$$G_{o,v} = \frac{45055}{4198 \cdot (95 - 70)} = 0,429 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Витрата води на ГВП:

$$G_{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{C_v \cdot (t_{\text{Г.В}} - t_{\text{Х.З}})}, \quad (4.3)$$

$$G_{\text{ГВП}} = \frac{32820}{4174 \cdot (55 - 5)} = 0,157 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Розрахункова витрата мережевої води на виході з котельні:

$$G_{\text{мер}} = G_{\text{о,в}} + G_{\text{ГВП}}, \quad (4.4)$$

$$G_{\text{мер}} = 0,429 + 0,157 = 0,586 \text{ кг/с}$$

Витрата води для підживлення на заповнення витоків у тепловій мережі:

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (Q_{\text{о,в}} + Q_{\text{ГВП}}) g_{\text{сист}}, \quad (4.5)$$

де $g_{\text{сист}} = 0,043 \frac{\text{кг}}{\text{Вт}}$ – об'єм води в системі тепlopостачання щодо сумарного відпуску теплоти на опалення і гаряче водопостачання.

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (0,429 + 0,157) \cdot 0,043 = 0,0068 \text{ кг/с}$$

Витрата зворотної мережевої води на вході в котельню:

$$G_{\text{мер.зв}} = G_{\text{сет}} - G_{\text{вит}},$$

$$G_{\text{мер.зв}} = 0,586 - 0,0068 = 0,579 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Витрата води через котел:

$$G_k = \frac{Q_k}{C_p (t_1 - t_2)}, \quad (4.7)$$

$$G_k = \frac{77875}{4198 \cdot (95 - 70)} = 0,741 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \text{ де } Q_k = 77875 \text{ Вт.}$$

5 ВИБІР ОСНОВНОГО І ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

5.1 Підбір котла

Кількість водогрійних котлів і коефіцієнт їх завантаження у відсотках визначимо по формулах:

$$N = \frac{Q_k}{Q_{\text{к.ном}}}, \quad (5.1)$$

$$K_{\text{заван}} = (Q_k / N \cdot Q_{\text{к.ном}}) \cdot 100, \quad (5.2)$$

де $Q_{\text{к.ном}}$ – номінальне теплове навантаження одного водогрійного котла, кВт.

$Q_k = 77875.0 \text{ Вт}$ – необхідна потужність котла.

Для вибору розглянемо ряд котлів марки Buderus Logamax plus GB162 V2, тип газовий конденсаційний водогрійний котел. Це високоефективний конденсаційний котел, виготовлений із нержавіючої сталі, потужністю від 70 до 100 кВт.

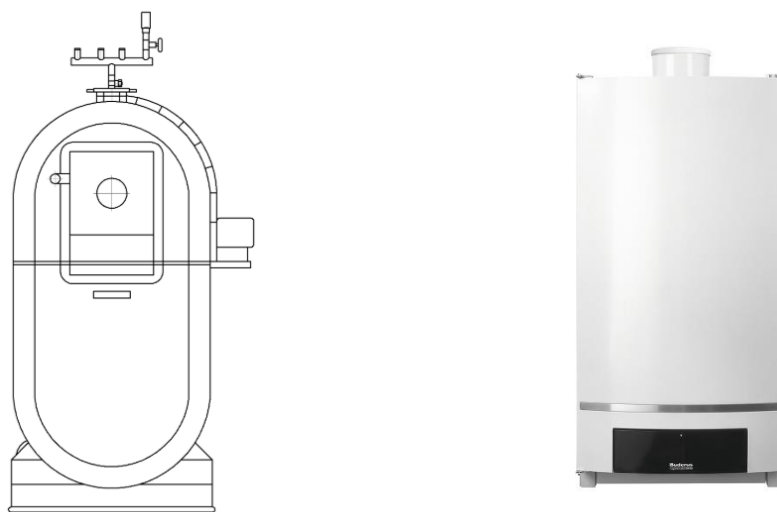


Рисунок 5.1 - Газовий конденсаційний котел Buderus Logamax plus GB162 V2

Таблиця 5.1 - Каталог номінальних теплових потужностей газового котла Buderus Logamax plus GB162 V2

Номінальне теплове навантаження, кВт	50	70	90	115
--------------------------------------	----	----	----	-----

До основних технічних характеристик котла належать: максимальна робоча температура теплоносія — (100°C) ; місткість котлової води — 120 л; довжина котла разом із пальниковим пристроєм — 1540 мм; загальна висота з установленим контролером — 2075 мм.

Отже:

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{78000}{50000} = 1,56; & K_{\text{зав}} &= \frac{78000}{1,56 \cdot 50000} \cdot 100 = 100 \% ; \\
 N &= \frac{78000}{70000} = 1,11; & K_{\text{зав}} &= \frac{78000,0}{1,11 \cdot 70000} \cdot 100 = 100 \% ; \\
 N &= \frac{78000}{90000} = 0,87; & K_{\text{зав}} &= \frac{78000,0}{0,87 \cdot 90000} \cdot 100 = 99,6 \% . \\
 N &= \frac{78000}{115000} = 0,68 ; & K_{\text{зав}} &= \frac{78000,0}{0,68 \cdot 115000} \cdot 100 = 99,5 \%
 \end{aligned}$$

Для власного індивідуального будинку обираю котел з номінальною тепловою потужністю **90 кВт**, з намірами не замінювати котел і вмикати його на більшому навантаженні, тобто збільшити теплове навантаження без встановлення нового котла.

Особливості котла **Buderus Logamax plus GB162 V2**:

1. Універсальний контролер **Logamatic RC300** — зручний в налаштуванні, сумісний з різними типами опалювальних систем, забезпечує просте керування та можливість дистанційного контролю.
2. Плавна модуляція потужності (від 21 до 100%) — дозволяє котлу працювати відповідно до фактичного теплового навантаження, що суттєво знижує витрати газу.
3. Керамічний пальник із попереднім змішуванням — забезпечує рівномірне та екологічно чисте згоряння з низьким вмістом шкідливих викидів $\text{NO}_x < 56 \text{ мг/кВт}\cdot\text{год}$.
4. Теплообмінник з алюмінієво-кремнієвого сплаву (технологія ALU Plus) — стійкий до корозії та термічних навантажень, забезпечує тривалий термін служби та високу ефективність теплопередачі.
5. Конденсаційна технологія з ККД до 110% — максимальне використання прихованої теплоти конденсації димових газів, що суттєво скорочує витрати на опалення.
6. Можливість каскадного підключення — дозволяє об'єднувати до 16 котлів Logamax plus GB162 V2 для покриття значних теплових навантажень.
7. Низький рівень шуму в роботі — завдяки плавному запуску пальника та продуманій конструкції котел комфортний для розміщення в житлових приміщеннях.
8. Компактні габарити та зручність монтажу — розміри (В×Ш×Г): 1186×520×465 мм дозволяють встановлення навіть у приміщеннях з обмеженою площею.
9. Широкий діапазон робочих температур — ефективна робота в низькотемпературних системах опалення (тепла підлога, фанкойли тощо).

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

10. Вбудована система електронної діагностики EMS Plus — безперервний моніторинг параметрів роботи та швидке виявлення несправностей через дисплей або систему керування будівлею.

5.2 Підбір теплообмінника

Для вибору розглянемо бойлери Buderus Logalux (табл. 5.2):

Таблиця 5.2 - Buderus Logalux

Тип бойлера	Об'єм , л	Витрата, л/год	Температурний графік
S120/5W	120	720	95/70
SU200/5E	200	1070	95/70
R 200/6 B	120	890	95/70

Витрата води на ГВП:

$$G_{\text{ГВП}} = 0,35 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 1260 \frac{\text{л}}{\text{год}}.$$

Розрахункова відпустка теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{ГВП}} = 32,82 \text{ кВт}$$

Отже, для системи гарячого водопостачання приймаємо накопичувальний водонагрівач непрямого нагріву Buderus Logalux S120/5W об'ємом 120 л.

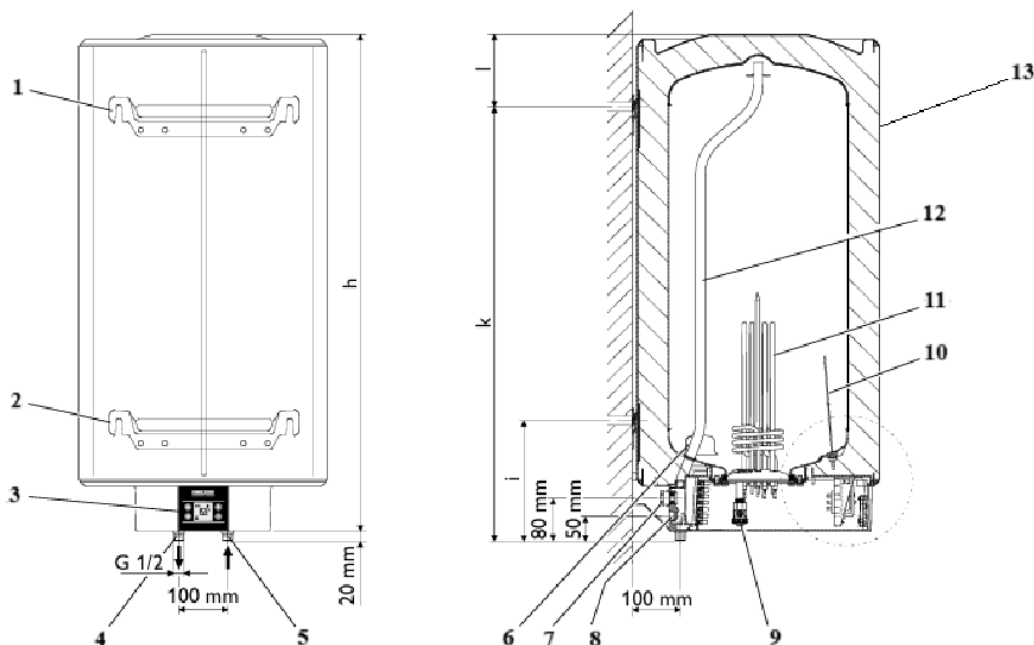


Рисунок 5.2 - Вигляд водонагрівача

1 – теплоізолюваний корпус бойлера; 2 – внутрішній бак для гарячої води; 3 – патрубок подачі холодної води; 4 – патрубок виходу гарячої води; 5 – патрубки підключення теплообмінника; 6 – магнієвий анод; 7 – ревізійний отвір; 8 – теплообмінний змійовик; 9 – термометр; 10 – захисний кожух; 11 – патрубок циркуляції ГВП; 12 – опорні ніжки бойлера; 13 – дренажний штуцер.

5.3. Підбір пластинчастого теплообмінника

По розрахунковому тепловому навантаженню системи опалення:

$$Q = 43,31 \text{ кВт}$$

для системи тепlopостачання приймаємо пластинчастий теплообмінник Alfa Laval CB30-40H, який забезпечує стабільну роботу системи гарячого водопостачання та опалення при заданих теплових навантаженнях.

Таблиця 5.3 - Характеристики пластинчастого теплообмінника

Навантаження, кВт	Діаметр з'єднання, Ду	Тип з'єднання	Продуктивність від гарячої води, м³/год	Робоча температура	Тип теплообмінника	Маса порожнього	Кількість панелей, Шт.
40-70	3/4	різьбо- ве	0.75	До 160 °С	пластинчастий паяний одноходовий	3.2 кг	40

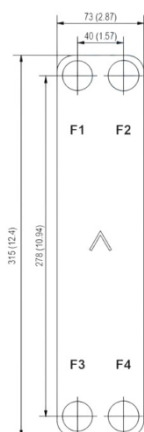


Рисунок 5.3 - Схема і загальний вигляд пластинчастого теплообмінника

6 ВИЗНАЧЕННЯ ЗОВНІШНІХ ДІАМЕТРІВ ПІДВЕДЕНЬ І СТОЯКІВ

6.1 Визначення діаметрів підведень до нагрівальних приладів

Параметри теплоносія приймаємо згідно з нормативними таблицями [3]:

$$\Delta t = t_r - t_o = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}$$

По табл. 24 згідно з [2] для гарячої води з насосною циркуляцією середня швидкість теплоносія приймаємо 0,3 м/с.

Теплове навантаження першого стояка визначається за формулою:

$$Q_{cm1} = \frac{Q_o}{n_{np}} \cdot n_{cm1}, \quad (6.1)$$

де n_{cm1} кількість нагрівальних приладів, підключених до першого стояка;

n_{np} – загальна кількість нагрівальних приладів у системі

$$Q_{ct1} = \frac{43310}{13} \cdot 8 = 24749 \text{ Вт}$$

Масова витрата теплоносія через стояк визначається за формулою:

$$m_{cm} = \frac{Q_{cm}}{C_e (t_1 - t_2)}, \quad (6.2)$$

c_v – теплоємність води, прийmemo $c_v = 4198 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$, згідно з [3].

Тоді для першого стояка :

$$m_{ct1} = \frac{24749}{4198(95 - 70)} = 0,236 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Відповідно теплове навантаження другого стояка становить

$$Q_{cm2} = Q_o - Q_{cm1}, \quad (6.3)$$

$$Q_{ct2} = 43310 - 24749 = 18561 \text{ Вт.}$$

Для другого стояка :

$$m_{ct2} = \frac{18561}{4198(95 - 70)} = 0,177 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Внутрішній діаметр трубопроводів першого стояка визначаємо з рівняння нерозривності потоку:

$$m_o = \rho \cdot \omega_v \cdot f, \quad (6.4)$$

звідки

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{T_o}{\rho \cdot \omega_v}}, \quad (6.5)$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де густина води $\rho=1000\text{кг/м}^3$.

Тоді для першого стояка

$$d_{2,\text{ст}1} = 1,13 \sqrt{\frac{0,236}{1000 \cdot 0,3}} = 0,032 \text{ м},$$

Отже, згідно зі стандартним рядом труб приймаємо

$$\text{ДСТУ } d_{2,\text{ст}1} = 32 \text{ мм.}$$

Швидкість води:

$$\omega_B = \frac{m_o}{\rho \cdot f} = \frac{4 \cdot 0,236}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,032^2} = 0,29 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Внутрішній діаметр трубопроводів другого стояка:

$$d_{2,\text{ст}2} = 1,13 \sqrt{\frac{0,177}{1000 \cdot 0,3}} = 0,027 \text{ м},$$

Отже,

$$\begin{aligned} d_{2,\text{ст}2} &= 25 \text{ мм} \\ \omega_B &= \frac{m_o}{\rho \cdot f} = \frac{4 \cdot 0,177}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,025^2} = 0,36 \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned}$$

6.2 Визначення діаметрів стояків

Розрахунок діаметрів стояків виконуємо за формулою (6.4).

Діаметр першого стояка:

$$d_{1,\text{ст}1} = 1,13 \sqrt{\frac{2T_o}{\rho \cdot \omega_B}} = 1,13 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,236}{1000 \cdot 0,29}} = 0,046 \text{ м} \Rightarrow d_{1,\text{ст}} = 50 \text{ мм.}$$

Діаметр другого стояка:

$$d_{1,\text{ст}2} = 1,13 \sqrt{\frac{2T_o}{\rho \cdot \omega_B}} = 1,13 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,177}{1000 \cdot 0,3}} = 0,039 \text{ м} \Rightarrow d_{1,\text{ст}2} = 32 \text{ мм.}$$

Визначаю зовнішні діаметри:

– підведень: $d_{\text{н}2} = 42 \text{ мм};$

– стояків: $d_{\text{н}1} = 57 \text{ мм.}$

У наступних розділах виконується детальний розрахунок діаметрів трубопроводів для окремих приміщень будівлі.

7. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР НАГРІВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

7.1 Розрахунок 1-го поверху

7.2 Приміщення 1

Для підтримки в опалюваному приміщенні потрібної температури треба, щоб кількість тепла, яку віддають нагрівальні прилади, дорівнювала тепловтратам приміщення.

Початкові дані до розрахунку:

$$Q_n = 6841 \text{ Вт}; \quad t_r = 95^\circ\text{C}; \quad t_o = 70^\circ\text{C}; \quad d_{n2}=42\text{мм}; \quad d_{n1}=57\text{мм}; \quad h=5\text{м}, \quad l=0,8\text{м}.$$

Методика розрахунку приймається згідно з нормативною літературою [1].

Поверхня відкрито прокладених трубопроводів розраховується за формулою:

$$F_{\text{тр}} = \pi(d_{1\text{н}} \cdot h + 2d_{2\text{н}} \cdot l) \quad (7.1)$$

Тоді:

$$F_{\text{тр}} = 3,14 \cdot (0,057 \cdot 5 + 2 \cdot 0,042 \cdot 0,8) = 1,11 \text{ екм}.$$

Розрахункову поверхню нагріву

$$F_p = \left(\frac{Q_n}{q_{\text{екв}}}\right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3, \quad (7.2)$$

$$F_p = \frac{6841}{566,42} \cdot 1,04 \cdot 1,03 \cdot 1,05 = 13,58 \text{ екм},$$

де $q_{\text{екв}}$ – щільність теплового потоку нагрівального приладу.

$$q_{\text{екв}} = q_{0\text{екв}} \cdot G_{\text{відн}}, \quad (7.3)$$

$$q_{\text{екв}} = 544,63 \cdot 1,04 = 566,42 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

де $q_{0\text{екв}}$ – щільність теплового потоку нагрівального приладу при $G_{\text{відн}}=1$.

$$q_{0\text{екв}} = 3,3 \cdot \Delta t_{\text{Т},1,25} \cdot \Delta t_{\text{пр}}^{-0,087}, \quad (7.4)$$

$$q_{0\text{екв}} = 3,3 \cdot 62,5^{1,25} \cdot 25^{-0,025} = 544,63 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}} \text{ при } \Delta t_{\text{Т}} = \frac{t_r + t_o}{2} - t_{\text{вн}}; \quad (7.5)$$

$$\Delta t_{\text{Т}} = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_r - t_o = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}.$$

де $G_{\text{відн}}$ – відносна витрата води через нагрівальний прилад:

$$G_{\text{відн}} = \frac{m_{\text{пр}} \cdot q_{0\text{екв}}}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot Q_n}, \quad (7.6)$$

$$G_{\text{відн}} = \frac{0,065 \cdot 544,63}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot 6841} = 1,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \text{ де}$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{п}}}{c_p(t_{\text{г}} - t_0)} = \frac{6841}{4198(95-70)} = 0,065 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (7.7)$$

$m_{\text{пр}}$ – дійсна масова витрата води через нагрівальний прилад.

Площа нагріву безпосередньо нагрівального приладу визначається за формулою:

$$F_e = F_p - F_{\text{тр}}, \quad (7.8)$$

$$F_e = 13.58 - 1,11 = 12,47 \text{ екм.}$$

Кількість секцій нагрівального приладу:

$$N = \frac{F_e}{f_e}, \quad (7.9)$$

де f_e – площа поверхні нагріву однієї секції радіатора, екм.

$$N = \frac{12,47}{0,44} = 28 \text{ секцій}$$

7.3 Приміщення 2

Початкові дані до розрахунку: $Q_{\text{п}} = 5515 \text{ Вт}$; $t_{\text{г}} = 95^\circ\text{C}$; $t_0 = 70^\circ\text{C}$; $d_{\text{н2}} = 42\text{мм}$; $d_{\text{н1}} = 57\text{мм}$; $h = 5\text{м}$, $l = 0,8\text{м}$.

Поверхня відкрито прокладених трубопроводів:

$$F_{\text{тр}} = 3,14 \cdot (0,057 \cdot 5 + 2 \cdot 0,042 \cdot 0,8) = 1,11 \text{ екм.}$$

Розрахункова поверхня нагріву:

$$F_p = \left(\frac{Q_{\text{п}}}{q_{\text{екв}}} \right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = \frac{5515}{571,86} \cdot 1,04 \cdot 1,03 \cdot 1,05 = 10,88 \text{ екм,}$$

$$q_{\text{екв}} = q_{0\text{екв}} \cdot G_{\text{відн}} = 544.63 \cdot 1,05 = 571,86 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

$$q_{0\text{екв}} = 3,3 \cdot \Delta t_{\text{Т1,25}} \cdot \Delta t_{\text{пр}}^{-0,025}, \quad (7.4)$$

$$q_{0\text{екв}} = 3,3 \cdot 62,5^{1,25} \cdot 25^{-0,025} = 544,63 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}}$$

$$\Delta t_{\text{Т}} = 62,5^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{\text{пр}} = 25^\circ\text{C}.$$

$$G_{\text{відн}} = \frac{m_{\text{пр}} \cdot q_{0\text{екв}}}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{п}}} = \frac{0,053 \cdot 544.63}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot 5515} = 1,05 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{п}}}{c_p(t_{\text{г}} - t_0)} = \frac{5515}{4198(95-70)} = 0,053 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

Поверхня нагріву безпосередньо нагрівального приладу:

$$F_e = F_p - F_{\text{тр}} = 10,88 - 1,11 = 9,77 \text{ екм.}$$

Кількість секцій нагрівального приладу:

$$N = \frac{F_e}{f_e} = \frac{9,77}{0,44} = 22,2 \approx 22 \text{ секції.}$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

7.4 Приміщення 3

Початкові дані до розрахунку:

$$Q_n = 4726 \text{ Вт}; \quad t_r = 95^\circ\text{C}; \quad t_o = 70^\circ\text{C}; \quad d_{n2} = 42 \text{ мм}; \quad d_{n1} = 57 \text{ мм}; \quad h = 5 \text{ м}, l = 0,8 \text{ м}.$$

Поверхня відкрито прокладених трубопроводів:

$$F_{\text{тр}} = 3,14 \cdot (0,057 \cdot 5 + 2 \cdot 0,042 \cdot 0,8) = 1,11 \text{ екм}$$

Розрахункова поверхня нагріву:

$$F_p = \left(\frac{Q_n}{q_{\text{екв}}} \right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = \frac{4726}{566,42} \cdot 1,04 \cdot 1,03 \cdot 1,05 = 9,38 \text{ екм},$$

$$q_{\text{екв}} = q_{0\text{екв}} \cdot G_{\text{відн}} = 544,63 \cdot 1,04 = 566,42 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

$$q_{0\text{екв}} = 544,63 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}}, \Delta t_r = 62,5^\circ\text{C}; \quad \Delta t_{\text{пр}} = 25^\circ\text{C},$$

$$G_{\text{відн}} = \frac{m_{\text{пр}} \cdot q_{0\text{екв}}}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot Q_n} = \frac{0,045 \cdot 544,63}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot 4726} = 1,04 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_n}{c_p(t_r - t_o)} = \frac{4726}{4198(95 - 70)} = 0,045 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Поверхня нагріву безпосередньо нагрівального приладу:

$$F_e = F_p - F_{\text{тр}} = 9,38 - 1,11 = 8,27 \text{ екм}.$$

Кількість секцій нагрівального приладу:

$$N = \frac{F_e}{f_e} = \frac{8,27}{0,44} = 18,8 \approx 19 \text{ секцій}.$$

7.5 Приміщення 4

Початкові дані до розрахунку:

$$Q_n = 2132,966 \text{ Вт}; \quad t_r = 95^\circ\text{C}; \quad t_o = 70^\circ\text{C}; \quad d_{n2} = 43 \text{ мм}; \quad d_{n1} = 61 \text{ мм}; \quad h = 4 \text{ м}, \\ l = 0,6 \text{ м}.$$

Поверхня відкрито прокладених трубопроводів:

$$F_{\text{тр}} = 3,14 \cdot (0,061 \cdot 4 + 2 \cdot 0,043 \cdot 0,6) = 0,93 \text{ екм}$$

Розрахункова поверхня нагріву:

$$F_p = \left(\frac{Q_n}{q_{\text{екв}}} \right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = \frac{2132,966}{856,47} \cdot 1,05 \cdot 1,03 \cdot 1,05 = 2,87 \text{ екм},$$

$$q_{\text{екв}} = q_{0\text{екв}} \cdot G_{\text{відн}} = 535,07 \cdot 1,54 = 856,47 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

$$q_{0\text{екв}} = 535,07 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}}, \Delta t_r = 62,5^\circ\text{C}; \quad \Delta t_{\text{пр}} = 25^\circ\text{C},$$

$$G_{\text{відн}} = \frac{m_{\text{пр}} \cdot q_{0\text{екв}}}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot Q_n} = \frac{0,02 \cdot 535,07}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot 2132,966} = 1,54 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_n}{c_p(t_r - t_o)} = \frac{2132,966}{4198(95 - 70)} = 0,02 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Поверхня нагріву безпосередньо самого нагрівального приладу:

$$F_e = F_p - F_{\text{тр}} = 2,87 - 0,93 = 1,94 \text{ екм}.$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Кількість секцій нагрівального приладу:

$$N = \frac{F_e}{f_e} = \frac{1,94}{0,44} = 4.4 \approx 4 \text{ секцій.}$$

7.6 Розрахунок 2-го поверху

Розрахунок по 2 поверху проводимо по тій самій методиці, що і для 1 поверху.

7.7 Приміщення 1

Початкові дані до розрахунку:

$$Q_n = 6053,196 \text{ Вт}; \quad t_r = 95^\circ\text{C}; \quad t_o = 70^\circ\text{C}; \quad d_{n2}=43\text{мм}; \quad d_{n1}=61\text{мм}; \quad h=4\text{м}, l=0,6\text{м}.$$

Поверхня відкрито прокладених трубопроводів:

$$F_{\text{тр}} = 3,14 * (0,061 \cdot 4 + 2 \cdot 0,043 \cdot 0,6) = 0,93 \text{ екм.}$$

Розрахункова поверхня нагріву:

$$F_p = \left(\frac{Q_n}{q_{\text{екв}}} \right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = \frac{6053,196}{551,13} \cdot 1,05 \cdot 1,03 \cdot 1,05 = 12,48 \text{ екм},$$

$$q_{\text{екв}} = q_{0\text{екв}} \cdot G_{\text{відн}} = 535,07 \cdot 1,03 = 551,13 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

$$q_{0\text{екв}} = 3,3 \cdot 62,5^{1,25} \cdot 25^{-0,025} = 535,07 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

$$\Delta t_r = 62,5^\circ\text{C}; \quad \Delta t_{\text{пр}} = 25^\circ\text{C},$$

$$G_{\text{відн}} = \frac{m_{\text{пр}} \cdot q_{0\text{екв}}}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot Q_n} = \frac{0,057 \cdot 535,07}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot 6053,196} = 1,03 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_n}{c_p(t_r - t_o)} = \frac{6053,196}{4198(95 - 70)} = 0,057 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Поверхня нагріву безпосередньо самого нагрівального приладу:

$$F_e = F_p - F_{\text{тр}} = 12,48 - 0,89 = 11,57 \text{ екм.}$$

Кількість секцій нагрівального приладу:

$$N = \frac{F_e}{f_e} = \frac{11,57}{0,44} = 26,2 \approx 26 \text{ секцій.}$$

7.8 Приміщення 2

Початкові дані до розрахунку:

$$Q_n = 4525,544 \text{ Вт}; \quad t_r = 95^\circ\text{C}; \quad t_o = 70^\circ\text{C}; \quad d_{n2}=43\text{мм}; \quad d_{n1}=61\text{мм}; \quad h=4\text{м}, \\ l=0,6\text{м}.$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

Поверхня відкрито прокладених трубопроводів:

$$F_{\text{тр}} = 3,14 * (0,061 \cdot 4 + 2 \cdot 0,043 \cdot 0,6) = 0,93 \text{ екм.}$$

Розрахункова поверхня нагріву:

$$F_p = \left(\frac{Q_{\text{п}}}{q_{\text{екв}}} \right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = \frac{4525,544}{564,76} \cdot 1,05 \cdot 1,03 \cdot 1,05 = 9,13 \text{ екм,}$$

$$q_{\text{екв}} = q_{0\text{екв}} \cdot G_{\text{відн}} = 535,07 \cdot 1,04 = 564,76 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

$$q_{0\text{екв}} = 3,3 \cdot 62,5^{1,25} \cdot 25^{-0,025} = 535,07 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

$$\Delta t_{\text{т}} = 62,5^{\circ}\text{C}; \Delta t_{\text{пр}} = 25^{\circ}\text{C},$$

$$G_{\text{відн}} = \frac{m_{\text{пр}} \cdot q_{0\text{екв}}}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{п}}} = \frac{0,043 \cdot 535,07}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot 4525,544} = 1,04 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{п}}}{c_p(t_{\text{г}} - t_0)} = \frac{4525,544}{4198(95 - 70)} = 0,043 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Поверхня нагріву безпосередньо самого нагрівального приладу:

$$F_e = F_p - F_{\text{тр}} = 9,13 - 0,93 = 8,20 \text{ екм.}$$

Кількість секцій нагрівального приладу:

$$N = \frac{F_e}{f_e} = \frac{8,20}{0,44} = 18,63 \approx 19 \text{ секцій}$$

7.9 Приміщення 3

Початкові дані до розрахунку:

$$Q_{\text{п}} = 4654,638 \text{ Вт}; \quad t_{\text{г}} = 95^{\circ}\text{C}; \quad t_0 = 70^{\circ}\text{C}; \quad d_{\text{н2}} = 43 \text{ мм}; \quad d_{\text{н1}} = 61 \text{ мм}; \quad h = 4 \text{ м}, \\ l = 0,6 \text{ м.}$$

Поверхня відкрито прокладених трубопроводів:

$$F_{\text{тр}} = 3,14 * (0,061 \cdot 4 + 2 \cdot 0,043 \cdot 0,6) = 0,93 \text{ екм.}$$

Розрахункова поверхня нагріву:

$$F_p = \left(\frac{Q_{\text{п}}}{q_{\text{екв}}} \right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = \frac{4654,638}{572,52} \cdot 1,05 \cdot 1,03 \cdot 1,05 = 9,34 \text{ екм,}$$

$$q_{\text{екв}} = q_{0\text{екв}} \cdot G_{\text{відн}} = 535,07 \cdot 1,07 = 572,52 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

$$q_{0\text{екв}} = 3,3 \cdot 62,5^{1,25} \cdot 25^{-0,025} = 535,07 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}}$$

$$\Delta t_{\text{т}} = 62,5^{\circ}\text{C}; \Delta t_{\text{пр}} = 25^{\circ}\text{C},$$

$$G_{\text{відн}} = \frac{m_{\text{пр}} \cdot q_{0\text{екв}}}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{п}}} = \frac{0,046 \cdot 535,07}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot 4654,638} = 1,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		49

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{п}}}{c_p(t_{\text{г}} - t_0)} = \frac{4654.638}{4198(95-70)} = 0,046 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Поверхня нагріву самого нагрівального приладу:

$$F_e = F_p - F_{\text{тр}} = 9.34 - 0,93 = 8.41 \text{ екм.}$$

Кількість секцій нагрівального приладу:

$$N = \frac{F_e}{f_e} = \frac{8.41}{0,44} = 19.2 \approx 19 \text{ секцій.}$$

7.10 Приміщення 4

Початкові дані до розрахунку:

$$Q_{\text{п}}=2618 \text{ Вт}; \quad t_{\text{г}} = 95^{\circ}\text{C}; \quad t_0 = 70^{\circ}\text{C}; \quad d_{\text{н2}}=42\text{мм}; \quad d_{\text{н1}}=57\text{мм}; \quad h=5\text{м}, \\ l=0,8\text{м}.$$

Поверхня відкрито прокладених трубопроводів:

$$F_{\text{тр}} = 3,14 * (0,057 * 5 + 2 * 0,042 * 0,8) = 1,11 \text{ екм.}$$

Розрахункова поверхня нагріву:

$$F_p = \left(\frac{Q_{\text{п}}}{q_{\text{екв}}} \right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = \frac{2618}{571.86} \cdot 1,04 \cdot 1,03 \cdot 1,05 = 5.17 \text{ екм},$$

$$q_{\text{екв}} = q_{0\text{екв}} \cdot G_{\text{відн}} = 544.63 \cdot 1.05 = 571.86 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

$$q_{0\text{екв}} = 544.63 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}}, \Delta t_{\text{т}} = 62,5^{\circ}\text{C}; \Delta t_{\text{пр}} = 25^{\circ}\text{C},$$

$$G_{\text{відн}} = \frac{m_{\text{пр}} \cdot q_{0\text{екв}}}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{п}}} = \frac{0,025 \cdot 544.63}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot 2618} = 1.07 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{п}}}{c_p(t_{\text{г}} - t_0)} = \frac{2618}{4198(95-70)} = 0,025 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Поверхня нагріву самого нагрівального приладу:

$$F_e = F_p - F_{\text{тр}} = 4.25 - 0,93 = 3.32 \text{ екм.}$$

Кількість секцій нагрівального приладу:

$$N = \frac{F_e}{f_e} = \frac{4.06}{0,44} = 9.22 \approx 9 \text{ секцій.}$$

7.11. Цокольний поверх

Початкові дані до розрахунку:

$$Q_{\text{п}}=1227 \text{ Вт}; \quad t_{\text{г}} = 95^{\circ}\text{C}; \quad t_0 = 70^{\circ}\text{C}; \quad d_{\text{н2}}=42\text{мм}; \quad d_{\text{н1}}=57\text{мм}; \quad h=5\text{м}, l=0,8\text{м}.$$

Поверхня відкрито прокладених трубопроводів:

$$F_{\text{тр}} = 3,14 * (0,057 * 5 + 2 * 0,042 * 0,8) = 1,11 \text{ екм.}$$

Розрахункова поверхня нагріву:

$$F_p = \left(\frac{Q_{\text{п}}}{q_{\text{екв}}} \right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = \frac{1227}{571.86} \cdot 1,04 \cdot 1,03 \cdot 1,05 = 2.42 \text{ екм},$$

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$q_{\text{екв}} = q_{0\text{екв}} \cdot G_{\text{відн}} = 544.63 \cdot 1.05 = 571.86 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}},$$

$$q_{0\text{екв}} = 544.63 \frac{\text{Вт}}{\text{екм}}, \quad \Delta t_{\text{т}} = 62,5^{\circ}\text{C}; \quad \Delta t_{\text{пр}} = 25^{\circ}\text{C}.$$

$$G_{\text{відн}} = \frac{m_{\text{пр}} \cdot q_{0\text{екв}}}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{п}}} = \frac{0,0012 \cdot 544.63}{4,85 \cdot 10^{-3} \cdot 1227} = 1.10 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{п}}}{c_p(t_{\text{г}} - t_{\text{о}})} = \frac{1227}{4198(95 - 70)} = 0,012 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

Поверхня нагріву самого нагрівального приладу:

$$F_{\text{е}} = F_{\text{р}} - F_{\text{тр}} = 2.42 - 1,11 = 1.31 \text{ екм.}$$

Кількість секцій нагрівального приладу:

$$N = \frac{F_{\text{е}}}{f_{\text{е}}} = \frac{1,31}{0,44} = 3 \text{ секції.}$$

7.12. Результати підбору нагрівальних приладів

1 поверх

1 приміщення – 1 радіатор Zehnder Charleston на 28 секцій

2 приміщення – 1 радіатор Zehnder Charleston на 22 секції

3 приміщення – 1 радіатор Zehnder Charleston на 19 секцій

4 приміщення – 1 радіатор Zehnder Charleston на 9 секцій

2 поверх

1 приміщення – 2 радіатори Zehnder Charleston по 14 секцій

2 приміщення – 2 радіатори Zehnder Charleston по 11 секцій

3 приміщення – 1 радіатор Zehnder Charleston на 19 секцій

4 приміщення – 1 радіатор Zehnder Charleston на 9 секцій

Цокольний поверх

1 приміщення – 1 радіатор Zehnder Charleston на 3 секції

8. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Система кондиціонування та теплопостачання побудована для забезпечення тепла та охолодження повітря в певні пори року.

Експлуатація технологічного устаткування на об'єктах теплоенергетики супроводжується значною кількістю шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які можуть негативно впливати на здоров'я та працездатність обслуговуючого персоналу, що вимагає постійного підвищення ефективності роботи існуючої в організації системи управління охороною праці (СУОП).

Обслуговуючий персонал ТЕЦ, який працює в умовах підвищеної небезпеки, повинен чітко дотримуватись діючих у сфері охорони праці заходів та засобів, спрямованих на збереження життя та здоров'я людини та створення комфортних та безпечних умов праці на виробництві.

В даному розділі проекту представлені пропозиції щодо технічних рішень та організаційних заходів, спрямованих на виконання вимог з охорони праці під час експлуатації спроектованого устаткування. Також визначені основні заходи, пов'язані з гігієною праці, виробничою санітарією та пожежною безпекою і профілактикою.

8.1 Технічні рішення та організаційні заходи щодо безпечної експлуатації спроектованого технологічного обладнання

Монтаж та подальша експлуатація основного та допоміжного обладнання виконується з урахуванням діючих вимог НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском, ДБН В.2.5 – 67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», НПАОП 0.00-1.08-94 «Правила будови та безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів» та ін.

Рекомендується використовувати сертифіковане обладнання, яке відповідає вимогам безпеки та ефективності. При виборі котла слід звертати увагу на їхню енергоефективність, стійкість до корозії та відповідність технічним стандартам.

Необхідно дотримуватися правильного проектування та монтажу системи теплопостачання. Це включає встановлення котла та бойлера згідно з вимогами, урахування оптимального енергоефективного використання для отримання максимальної продуктивної системи, а також забезпечення надійного функціонування.

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

8.1.1 Електробезпека

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечує захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Основні нормативні документи, що регламентують вимоги з електробезпеки, це ПУЕ-2017, НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП-40.1-1.32-01, ДСТУ 7237:2011 та Технічний регламент з безпеки низьковольтного електричного обладнання (постанова Каб. Міністрів України №1149 від 23.10.2009 р.), а також ДСТУ Б В.2.5-82:2016. «Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд».

Згідно ДСТУ 7237:2011 для забезпечення захисту від випадкового дотику людини до струмопровідних частин приладів застосовують такі види захисту:

- робоче ізолювання струмопровідних частин;
- додаткове або подвійне ізолювання струмопровідних частин;
- захисні оболонки;
- захисні огорожі (тимчасові або стаціонарні);
- безпечне розташування струмопровідних частин;
- ізолювання робочого місця;
- мала напруга; захисне вимкнення;
- попереджувальна сигналізація (звукова, світлова тощо);
- блокування;
- встановлення знаків безпеки;
- електрозахисні засоби; засоби індивідуального захисту.

Для запобігання ураженню електричним струмом під час дотику до металевих неструмопровідних частин, які можуть бути під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, застосовують окремо або в поєднанні такі види захисту:

- захисне заземлення;
- автоматичне вимкнення живлення;
- зрівнювання потенціалів;
- застосування обладнання відповідного класу за електрозахистом;
- захисний електричний поділ кіл;
- ізолювальні (непровідні) приміщення, зони, майданчики;
- системи наднизької напруги (безпечної, захисної).

У виробничому приміщенні з котловим обладнанням:

					ДПБ 26 144 56 00 ПЗ	Лист
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- Використовується мала (знижена) напруга (аварійне освітлення 220 В, система місцевого освітлення 42 В, переносне освітлення 12В).

- Штепсельні розетки (і відповідні вилки) 12, 42 В не підходять до розеток (вилки) 220 В.

- Світильники розташовуються на висоті не менш 2,5 м над робочими місцями.

- Для забезпечення безпечної роботи і збереження технологічного обладнання передбачені блокування допоміжного обладнання (блокування не дозволяє розкрити комутаційну апаратуру без відключення джерела живлення).

- Ізолювання струмоведучих частин з використанням поліхлорвінілової й іншої ізоляції, опір якої не нижче 1 кОм/В.

- Здійснюється постійний контроль і профілактика ізоляції.

- Забезпечення орієнтації за рахунок застосування знаків та міток. Усі струмоведучі частини огорожені і вивішені плакати (“Стій! Напруга!”, “Не включати-працюють люди”).

- Використовуються електрозахисні засоби: діелектричні рукавички, підставки, інструмент з ізолюючими ручками, захисні окуляри, та знаки безпеки відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.01-97 та НПАОП 40.1-1.07-01.

8.2. Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії

8.2.1. Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Вимоги до мікроклімату робочих зон у виробничих приміщеннях регламентуються ДСН 3.3.6.042-99, та мають параметри наведені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату.

Період	Оптимальні			Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22...24	40-60	$\leq 0,1$	21...25	До 75	0,1...0,2
Холодний	23...25	40-60	$\leq 0,1$	22...28	До 75	$\leq 0,1$

8.2.2. Виробниче освітлення

Згідно вимог ДБН В.2.5-28-2018 передбачено застосування систем загального та місцевого освітлення. Робоча напруга системи загального освітлення 220В. Як джерело освітлення застосовуються газорозрядні лампи типу ДРЛ і лампи розжарювання. Лампи розжарювання використовуються на сходах, а у приміщеннях встановлюються газорозрядні лампи. Для систем місцевого та переносного освітлення застосовуються напруги живлення відповідно 42 В та 12В.

Рівень освітлення на робочих місцях складає 300 лк, що відповідає розряду та підрозряду зорової роботи при обслуговуванні та ремонті технологічного устаткування.

8.3. Пожежна безпека та профілактика

У робочих приміщеннях виконані всі вимоги НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні» та НАПБ В.01.34-2005 – «Правила ПБ в компаніях та в організаціях енергетичної галузі України»

Згідно вимог ПУЕ-2017 в БЩУ передбачені наступні заходи з пожежної безпеки та профілактики при експлуатації ЕУ:

- кабелі електропроводки вибираються за струмовим навантаженням і з негорючою ізоляцією;
- застосовані резервні кабельні мережі;
- обов'язкове дотримання норм і правил при обслуговуванні ЕУ;
- для захисту від коротких замикань, а також перевантажень електромережі внаслідок включення споживачів з потужністю вище допустимої, передбачені захисні автомати максимального струмового захисту.

Із засобів пожежогасіння згідно вимог ДСТУ 3675-98 та ISO 3941-2007 необхідно застосовувати вогнегасники типу ВУ-5, якими дозволяється гасіння електрообладнання під напругою (клас пожежі «Е»).

Заходи з пожежної безпеки при монтажі та експлуатації спроектованого технологічного устаткування:

1. Забезпечити належний монтаж і розміщення котлів бойлерів та батарей.
2. Запобігати доступу сторонніх осіб до обладнання.
3. Обов'язково встановити пристрої автоматичного відключення системи котлів бойлерів та радіаторів в разі аварійних ситуацій.
4. Проводити постійну очистку від бруду котел і водонагрівач.

Система протипожежного захисту повинна включати технічні рішення, спрямовані на швидке реагування та ліквідацію пожежі у разі її виникнення. Основні елементи цієї системи згідно вимог ДБН В.2.5-56-2014 – це автоматичні системи пожежної сигналізації та пожежогасіння, протипожежні двері та перегородки, пожежні гідранти та системи водопостачання, пожежні щити та інвентар, а також навчання і тренування персоналу.

Автоматичні системи пожежної сигналізації (СПС) швидко виявляють пожежу. СПС повинна включати датчики диму, тепла та полум'я, відповідно до ДСТУ EN 54-7:2017, ДСТУ EN 54-5:2017 та ДСТУ EN 54-10:2017 відповідно. Система має бути підключена до центрального пульта управління, який забезпечує миттєве оповіщення персоналу, мешканців будинку та аварійних служб.

ВИСНОВКИ

Даний дипломний проєкт присвячений розробці системи теплопостачання індивідуального житлового будинку. У процесі виконання проєкту були проведені основні теплотехнічні та гідравлічні розрахунки системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

1. Виконано теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій житлового будинку та визначено теплові втрати для кожного приміщення окремо.
2. Проведено розрахунок теплових витрат на систему вентиляції та визначено річні втрати теплоти на підігрів припливного повітря.
3. Виконано розрахунок системи гарячого водопостачання та визначено максимальні й середні витрати теплоти на потреби ГВП.
4. Розраховано річну витрату теплової енергії на опалення та гаряче водопостачання будівлі.
5. Проведено підбір діаметрів трубопроводів, стояків та підводок системи водяного опалення.
6. За результатами розрахунків для системи теплопостачання обрано конденсаційний газовий котел Buderus Logamax plus GB162 V2 потужністю 80 кВт. Даний котел характеризується високим коефіцієнтом корисної дії, економічністю та можливістю роботи в низькотемпературних системах опалення. Теплообмінник виготовлений із високоякісної нержавіючої сталі, що забезпечує надійність та тривалий термін експлуатації обладнання.
7. Для системи гарячого водопостачання прийнято накопичувальний водонагрівач непрямого нагріву Buderus Logalux S120/5W об'ємом 120 л. Даний бойлер забезпечує стабільне гаряче водопостачання житлового будинку та має високі показники теплової ізоляції.
8. Для передачі теплоти у системі гарячого водопостачання обрано пластинчастий теплообмінник Alfa Laval CB30-40H. Конструкція теплообмінника забезпечує ефективний теплообмін при компактних розмірах та високій надійності роботи.
9. У якості нагрівальних приладів використані сталеві трубчасті радіатори Zehnder Charleston. Дані радіатори мають сучасний зовнішній вигляд, високий рівень тепловіддачі та дозволяють ефективно підтримувати необхідний температурний режим у приміщеннях будинку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко М.Ф., Сало В.П. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: навч. посіб. – Київ: Видавництво «Політехніка». URL: <https://ela.kpi.ua/home>
2. Ісаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: підручник. URL: <https://ela.kpi.ua/home>
3. Алабовський О.М., Боженко М.Ф., Хоренженко Ю.В. Проектування котелень промислових підприємств: Курсове проектування з елементами САПР. URL: <https://ela.kpi.ua/home>
4. Конспект лекцій М.Ф.Боженка з дисципліни «Джерела теплопостачання та споживачі теплоти», 2010.-256 с. URL: <https://ela.kpi.ua/home>
5. Каталог конденсаційних котлів Buderus серії Logamax plus GB162 V2., URL: <https://www.buderus.com/ua/uk/ocs/logalux-s120-18527646-p/>
6. Каталог накопичувальних водонагрівачів Buderus Logalux. URL: <https://www.buderus.com/ua/uk/ocs/logalux-s120-18527646-p/>
7. Каталог радіаторів фірми Zehnder Charleston. URL: <https://radiators.in.ua/uk/zehnder/>
8. Каталог пластинчастих теплообмінників Alfa Laval. URL: <https://www.alfalaval.ua/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/brazed-plate-heat-exchangers/>