

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплотехніки**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

на тему:

**Дослідження систем тепlopостачання укриттів, що
влаштовуються в існуючих громадських будівлях**

Турі Ярини Іванівни

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплотехніки**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Михайло КИРИЧЕНКО
« ____ » _____ 2025 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

**Дослідження систем тепlopостачання укриттів, що
влаштовуються в існуючих громадських будівлях**

Як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував незгодувану допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач **Турі Ярина Іванівна**
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»
Група зТВм-24
Керівник: **Пасічник П.О.**
доцент, кандидат технічних наук

Рецензент

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: інженерних систем і екології

Випускова кафедра: теплогазопостачання і вентиляції

Освітній вищої освіти: Магістр

Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: Теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри теплотехніки

_____ Михайло КИРИЧЕНКО

« ____ » _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР

Турі Ярини Іванівни

1. Тема роботи «Дослідження систем теплопостачання укриттів, що влаштовуються в існуючих громадських будівлях »,

затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від _____ року.

2. Керівник роботи Пасічник Павло Олександрович, кандидат технічних наук, доцент.

3. Термін подання студентом роботи до захисту _____ 2025 року

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ

Р. 1. Система теплопостачання громадських будівель

Р. 2. Принципи теплопостачання споруд цивільного захисту

Р. 3. Паралельне підключення систем теплопостачання основної будівлі та вбудованого укриття

Р. 4. Будівля як теплова інерційна система

Р. 5. Проєкт будівлі та розрахунок інженерних систем

Висновок

5. Графічний матеріал за розділами:

Р.5. Л1. Вентиляція. План укриття на відм. -4,650. Фрагмент плану на відм. +0,000. Розріз А-А. Розріз Б-Б. Розріз В-В. Аксонометричні схеми систем вентиляції ПВ1, П1, В1-В7

Р.5. Л.2. Опалення. План укриття на відм. -4,650. Аксонометрична схема системи опалення. Аксонометрична схема теплопостачання калорифера ПВ1. Вузол підключення радіатора. Вузол обв'язки калорифера

Р.5. Л.3. . Вентиляція. План 1-го поверху на відм. +0,000. План 2-го поверху на відм. +3,200. Фрагмент плану мансарди в осях 7-8. План ІТП. Розріз А-А

Р.5. Л.4. Вентиляція. Аксонометричні схеми систем вентиляції ПВ2, ПВ3, ПВ4, ПВ5, В9, В10, В11, В12, В13, В14

Р.5. Л.5. Вентиляція. Аксонометричні схеми систем вентиляції ПВ7, ПВ8, ПВ9, В15, В16-В19, В21, В22

Р.5. Л.6. Опалення. План 1-го поверху на відм. +0,000. План 2-го поверху на відм. +3,200. Вузол підключення радіатора

Р.5. Л.7. Опалення. Аксонометрична схема системи опалення 1-го поверху. Аксонометрична схема системи опалення 2-го поверху. Аксонометрична схема системи теплопостачання калорифера системи ПЗ

Р.3. Л.8. Принципова схема теплового пункту. Навантаження на систему теплопостачання основної будівлі. навантаження на систему теплопостачання укриття

Р.4. Л.9. CFD -модель приміщення. Розрахункова сітка досліджуваного приміщення. Середні теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій. Модель нестационарних режимів охолодження та нагрівання приміщення. Баланс тепловтрат та теплонадходжень в приміщення

Р.4. Л.10. Об'ємна візуалізація розподілу температур у приміщенні. Об'ємна візуалізація траєкторій та швидкості руху повітря у приміщенні. Розподіл температури по висоті на відстані 2 м від огороження. Розподілення внутрішньої температури на горизонтальній поверхні для висоти 1 м, 1,2 м, 1,4 м

6. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ	жовтень 2025 р.
Розділ 1. Система тепlopостачання громадських будівель	жовтень 2025 р.
Розділ 2. Принципи тепlopостачання споруд цивільного захисту	жовтень 2025 р.
Розділ 3. Паралельне підключення систем тепlopостачання основної будівлі та вбудованого укриття	листопад 2025 р.
Розділ 4. Будівля як теплова інерційна система	листопад 2025 р.
Розділ 5. Проект будівлі та розрахунок інженерних систем	листопад 2025 р.
Висновки	грудень 2025 р.
Остаточне оформлення роботи	грудень 2025 р.
Направлення роботи для перевірки на плагіат	грудень 2025 р.
Направлення роботи на рецензування	грудень 2025 р.

8. Дата видачі завдання _____

Керівник

Пасічник П. О.

(підпис)

Здобувач

Турі Я. І.

(підпис)

РЕЗЮМЕ (SUMMARY) до кваліфікаційної випускної роботи здобувача:		Турі Ярина Іванівна TURI YARYNA	
ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	Дослідження систем теплопостачання укріплень, що влаштовуються в існуючих громадських будівлях/ Research on heating system for shelters set up in existing public buildings		
Освітній ступінь	Магістр		
Факультет	Інженерних систем та екології		
Випускова кафедра	Теплогазопостачання і вентиляція		
Спеціальність	192 «Будівництво та цивільна інженерія»		
Освітня програма	Теплогазопостачання і вентиляція		
Керівник	к.т.н., доц. Пасічник П.О.		
Обсяг роботи:	<i>пояснювальна записка, стор.</i>	<i>розділів</i>	<i>креслень формату А1</i>
	108	5	10
Вступ			
Розділ 1. Система теплопостачання громадських будівель	Розглянуто типи громадських будівель та проаналізовано вимоги та особливості влаштування систем теплопостачання		
Розділ 2. Принципи теплопостачання споруд цивільного захисту	Досліджено та проаналізовано принципи теплопостачання споруд цивільного захисту		
Розділ 3. Паралельне підключення систем теплопостачання основної будівлі та вбудованого укріття	Розглянуто принципову схему та особливості паралельного підключення систем теплопостачання основної будівлі та вбудованого укріття		
Розділ 4. Будівля як тепла інерційна система	Розглянуто будівлю як складну теплову інерційну систему, яка має здатність накопичувати та віддавати тепло		
Розділ 5. Проект будівлі та розрахунок інженерних систем	Описано основні етапи проектування реальної будівлі дошкільного закладу з вбудованим укріттям, виконано основні розрахунки інженерних систем		
Висновки по роботі:	У даній роботі проведено комплексне дослідження системи теплопостачання громадських будівель та споруд цивільного захисту. Також, розглянуто їх конструктивні та експлуатаційні особливості. Розроблено принципові рішення для влаштування системи з паралельним підключенням систем теплопостачання основної будівлі та вбудованого в неї укріття. У роботі розглянуто теоретичні засади, проаналізовано технічну літературу та Державні будівельні норми.		

	Детальніше вивчено теплотехнічні та динамічні властивості та характеристики будівель. І виконано проєкт існуючої будівлі з необхідними інженерними розрахунками та рішеннями.
<i>Ключові слова:</i>	теплопостачання, опалення, паралельне підключення, огороджувальні конструкції, пластинчастий теплообмінник, теплота, мікроклімат, теплова інерція
<i>Keywords:</i>	heat supply, heating, parallel connection, enclosing structures, plate heat exchanger, heat, microclimate, thermal inertia

Здобувач: _____/Ярина ТУРІ/

Керівник: _____/Павло ПАСІЧНИК/

17 грудня 2025 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ.....	5
1.1 Основні споживачі системи теплопостачання громадських будівель.....	5
1.2 Особливості систем теплопостачання громадських будівель різного призначення.....	8
1.2.1 Заклади охорони здоров'я.....	8
1.2.2 Заклади освіти.....	12
1.2.3 Адміністративно-побутові будівлі.....	17
1.2.4 Культурно-розважальні заклади.....	19
РОЗДІЛ 2. ПРИНЦИПИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ.....	21
2.1 Особливості теплопостачання споруд цивільного захисту.....	22
2.2 Типи системи та їх підключення.....	24
2.3 Регулювання систем теплопостачання.....	31
2.4 Облік теплової енергії.....	33
РОЗДІЛ 3. ПАРАЛЕЛЬНЕ ПІДКЛЮЧЕННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ОСНОВНОЇ БУДІВЛІ ТА ВБУДОВАНОГО УКРИТТЯ.....	36
3.1 Огляд літератури.....	36
3.2 Принципова схема ІТП та принцип дії.....	38
3.3 Формула патенту.....	42
РОЗДІЛ 4. БУДІВЛЯ ЯК ТЕПЛОВА ІНЕРЦІЙНА СИСТЕМА.....	45
4.1 Будівля – багатокомпонентна енергетична система.....	45
4.2 Теплова інерція будівлі.....	49
4.3 Вплив внутрішньої та зовнішньої температури повітря при регулюванні перепустками.....	59
4.4 Добовий цикл системи опалення та час остигання при регулюванні перепустками.....	60

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Динамічна модель для дослідження теплового стану та енергетичних показників приміщення.....	66
РОЗДІЛ 5. ПРОЄКТ БУДІВЛІ ТА РОЗРАХУНОК ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ.....	
5.1 Загальна характеристика будівлі.....	75
5.2 Розрахунок систем опалення та вентиляції.....	76
5.2.1 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій.....	76
5.2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі.....	86
5.2.3 Підбір обладнання для системи опалення.....	88
5.2.4 Розрахунок повітрообміну будівлі та укриття.....	90
5.3 Розрахунок теплонавантажень на систему теплопостачання	92
ВИСНОВОК.....	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ.....	97
ДОДАТОК А	
ДОДАТОК Б	

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми. Теплопостачання є однією з важливих складових частин енергетичної системи будь-якої країни. Воно охоплює майже всі сектори життєдіяльності населення та розвиток галузей в економічній сфері. Теплопостачання забезпечує населення, промислові підприємства, адміністративно – побутові, культурно – розважальні, соціальні установи тепловою енергією. Сфера теплопостачання має високу соціально-економічну значущість. І висуває значні вимоги до надійності систем теплопостачання, які об'єднують джерела теплопостачання та теплові мережі в одну організацію.

Сучасний стан системи постачання тепла в Україні є досить проблемним. Теплові мережі є значно зношені, втрати теплової енергії під час транспортування є суттєво високими, об'єкти енергетичної інфраструктури зазнали колосальних руйнувань через повномасштабну війну. Постала проблема подачі теплової енергії для споруд цивільного захисту. Однією з найбільших проблем при спорудженні укриттів у вже існуючих будівлях є забезпечення їх тепловою енергією, адже в нормативних документах джерело теплоти має бути окремим, або має мати окремий індивідуальних тепловий пункт.

На сьогоднішній день в Україні проблема теплопостачання переходить за межі технічних завдань і здобуває стратегічного значення для національної безпеки, соціальної стабільності та економічного розвитку. Удосконалення систем постачання тепла є необхідною умовою для надійної та ефективної енергетичної системи нашої країни.

Системи теплопостачання громадських будівель мають великий ряд особливостей. Вони зумовлені функціональним призначення приміщень, досить важливими вимогами до мікроклімату та режимами експлуатації. Також, складності виникають при підключенні вбудованих або прибудованих споруд цивільного захисту до вже існуючих теплових мереж, бо виникає необхідність у врахуванні гідравлічних режимів, тепловтрат, теплової інерції

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будівельних огорожувальних конструкцій та можливість автономного регулювання.

Метою дипломної роботи є дослідити принципи влаштування та функціонування системи теплопостачання в укриттях, які є вбудованими в основну будівлю. Також, розробка технічних рішень щодо їх підключення до основної системи теплопостачання.

Для вирішення та досягнення мети необхідним є вирішення таких задач:

- 1) Провести аналіз існуючих систем теплопостачання громадських будівель, які мають різне призначення;
- 2) Визначити принцип влаштування системи теплопостачання в спорудах цивільного захисту;
- 3) Розглянути варіанти паралельного підключення системи опалення основного приміщення та укриття;
- 4) Дослідити вплив теплової інерції будівлі;

Отримане дослідження дає змогу використовувати ідею при реконструкції вже існуючих громадських будівель, проектуванні нових систем опалення та вентиляції. Також, вдосконалення рішень при підключенні споруд цивільного захисту до існуючих теплових мереж.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

1.1 Основні споживачі системи теплопостачання громадських будівель

Громадські будівлі займають друге місце за чисельністю після житлових, багатоквартирних та приватних. Ці будівлі відіграють величезне соціальне значення для громад, інфраструктури та сектору, що обслуговує населення.

Досить велике число цих громадських будівель в Україні побудовано в минулому столітті, тому виникає потреба в модернізації огорожувальних конструкції та інженерних систем.

Однією з головних ролей під час модернізації відіграють інженерні мережі.

Теплопостачання – це система, що забезпечує виробництво, транспортування та доставку теплової енергії. Воно забезпечує комфортними умовами перебування людей, забезпечує нормальну та правильну роботу різних установ, організацій.

Основним складовим системи є джерело тепла, де здійснюється виробництво теплоносія гарячої води або пари. Прикладом джерела тепла є ТЕЦ чи котельня. Наступним складовим системи теплопостачання є теплові мережі. Завдяки системам трубопроводів, теплоносій транспортується від джерела теплоти до споживачів і назад. І останньою складовою є споживачі теплової енергії. Теплову енергію в таких об'єктах споживають різні системи та процеси, що мають потребу підтримувати нормовані температурні режими.

Громадські будівлі є одними з головних споживачів теплової енергії. Вони задовольняють різноманітні потреби населення.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Класифікація громадських будівель:

- Заклади охорони здоров'я;
- Заклади освіти;
- Адміністративно-побутові та офісні приміщення;
- Культурно-видовищні, торговельно-розважальні заклади.

Кожен з цих споживачів має власні потреби для використання теплової енергії, але мають спільну мету забезпечення комфортних умов для життєдіяльності людини.

У процесі аналізу використання теплової енергії в громадських будівлях можна відокремити три ключові технологічні процеси, а саме:

1) Система опалення посідає перше місце. Вона є найбільшим споживачем теплової енергії. Дана система необхідна для забезпечення та підтримки нормованої температури повітря в середині приміщення згідно з санітарними нормами, які є різними для кожного з типів громадських будівель.

2) Система вентиляції та кондиціонування посідає друге місце у споживанні теплової енергії в громадських будівлях. В холодний період року, температура зовнішнього повітря є низькою, її необхідно нагріти до комфортних та нормованих показників. Тому і виникає значна потреба в тепловій енергії, враховуючи тип будівлі, витрата на систему опалення може бути рівною втраті системи опалення.

3) Системи гарячого водопостачання посідає третє місце у використанні теплової енергії. Вона забезпечує будівлі гарячою водою для побутових потреб.

Розглянувши ці технологічні процеси, можна зробити висновок, що навантаження на систему теплопостачання опаленням та вентиляцією є непостійним і змінюється протягом опалювального періоду, в залежності від температури зовнішнього повітря та інших природніх факторів. Тобто, ці навантаження є сезонними.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А навантаження на систему гарячого водопостачання залишаються протягом року без змін, тому що потреба в споживання гарячої води є постійною. Такі навантаження є цілорічними. Але такі теплоспоживання є нерівномірними, бо змінюються протягом доби.

Значення мікроклімату є основою у проєктуванні систем опалення, вентиляції і кондиціонування в будівлі.

Мікроклімат – це комплекс фізичних властивостей повітря, який має вплив на теплообмін людини з навколишнім середовищем, її тепловий стан в обмеженому просторі та визначає самопочуття, працездатність, здоров'я та продуктивність праці.

Стан факторів мікроклімату обумовлює особливості терморегуляції організму людини, яка визначає тепловий баланс. Він досягається через співвідношення процесів теплопродукції та тепловіддачі організму.

Для профілактики несприятливого впливу дискомфортного мікроклімату на організм людини використовується гігієнічне нормування мікроклімату. Тобто, нормування температури, швидкості і вологості повітря за оптимальними та допустимими величинами.

Оптимальні умови мікроклімату – це поєднання параметрів мікроклімату, які за тривалого та систематичного впливі на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без активування механізмів терморегуляції. У висновку вони створюють відчуття теплового комфорту та забезпечують основу для досить високого рівня працездатності.

Нормальна здатність організму та підвищена працездатність підтримується в випадку сталості температури організму у межах 36,1 – 37,2 °С.

Несприятливий вплив мікроклімату на організм людини зумовлюється комплексом дій фізичних факторів повітряного середовища: підвищеною чи зниженою температурою, вологістю та швидкістю повітря.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результатом підвищеної температури є перегрів організму і навпаки низька температура призводить до переохолодження. Висока швидкість руху повітря збільшує тепловіддачу шляхом конвекції та випаровування та сприяє досить швидкому охолодженню організму.

Параметри мікроклімату в житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщеннях нормуються згідно з [10].

У наступних підрозділах розглянуто особливості теплоспоживання теплової енергії для кожного з типів громадських будівель.

1.2 Особливості систем теплопостачання громадських будівель різного призначення

1.2.1 Заклади охорони здоров'я

Системи опалення, вентиляції та кондиціонування посідають важливе місце у проектуванні та функціонуванні медичних закладів. Вони не лише підтримують комфортні умови, а саме температуру та вологість, але й підтримують чистоту середовища без мікробів. Це відіграє важливу роль для здоров'я пацієнтів та запобіганню хвороб.

Медичні заклади відносяться до I категорії споживачів, і мають досить високі нормативні вимоги для забезпечення комфортних умов мікроклімату для пацієнтів та медичного персоналу. Теплопостачання відіграє важливу умову санітарно-протиепідемічної безпеки.

Встановлено санітарно-протиепідемічні вимоги до умов та організації надання послуг з медичного обслуговування населення у закладах охорони здоров'я. Ці вимоги наведено в [5].

Медичні заклади, належать до споживачів, для яких не допускається перерва у подачі теплової енергії та зниження температури повітря в приміщеннях нижче передбачених вимогами відповідних будівельних норм. Система повинна безперервно функціонувати протягом цілого року [5].

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заклади охорони здоров'я мають постійне та стабільне теплоспоживання протягом усього року. Такі системи теплопостачання повинні забезпечувати не лише комфортні параметри в приміщеннях, але й резервування на випадок виникнення аварійних ситуацій [5].

Параметри мікроклімату відіграють неабияке значення для забезпечення комфортних умов для працівників та пацієнтів.

Розрахункові норми температури у приміщеннях диференціюються в залежності від їх функціонального призначення.

За допомогою температурного режиму відбувається оцінка мікроклімату приміщень. Щоб забезпечити умови теплового комфорту температура повітря повинна бути відносно рівномірною. Різниця температур по горизонталі від зовнішньої стіни до внутрішньої не повинна перевищувати 2°C, а по вертикалі – 2,5°C на кожен метр висоти. А саме коливання температури в приміщенні протягом доби не повинно перевищувати 3°C.

У таблиці 1.1 наведено значення температури, вологості повітря в приміщеннях лікарняних закладів [5].

Таблиця 1.1 Значення температури та вологості повітря в приміщеннях лікарнях закладів

Найменування приміщень	Температура, °C	Вологість, %, не більше
Реєстратура, довідкова кімната, вестибюль, гардеробна закладу охорони здоров'я, що надає первинну медичну (медико-санітарну) допомогу	+18	55-60
Процедурний/ оглядовий кабінет/ кабінет щеплень закладу охорони здоров'я, що надає первинну медичну (медико-санітарну) допомогу	+22	

Продовження таблиці 1.1

Палати для дорослих хворих, приміщення для матерів акушерських відділень, приміщення гіпотермії	+20	
Палати для новонароджених, недоношених, травмованих дітей; палати спільного перебування новонароджених та матерів	+25	
Допологові, фільтри, приймально-оглядові бокси, оглядові, перев'язувальні, маніпуляційні, передопераційні, процедурні, приміщення для зцідження грудного молока, кімнати для годування дітей віком до 1 року, приміщення для щеплень	+22	55-60
Кабінети лікарів, кімнати персоналу, кімнати відпочинку для хворих, які користуються процедурами водолікування та грязелікування, кабінети голкотерапії, приміщення виписки, кабінети аудіометрії, антропометрії, диспетчерські, приймаючі виклики та напрямні бригади, кімната відпочинку диспетчерів, лікарів, фельдшерів, санітарів, шоферів, виїзних бригад	+20	
Процедурні рентгенодіагностичні кабінети, процедурні та роздягальні флюорографічних кабінетів, кабінети електросвітло лікування, масажна	+20	

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними нормативними документами, згідно до яких проектується системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря є [10] та [8].

При проектуванні систем теплопостачання закладів охорони здоров'я слід передбачити два вводи тепла. Також, слід передбачити резервну котельню.

Підключення закладів охорони здоров'я відбувається до системи централізованого теплопостачання. За відсутності централізованого теплопостачання необхідно передбачити резервну котельню.

Системи опалення в закладах охорони здоров'я повинні забезпечувати рівномірне нагрівання повітря в приміщеннях протягом всього опалювального періоду (обладнуються регулятором температури), виключати забруднення повітря шкідливими речовинами і запахами, що виділяються в процесі експлуатації; не створювати шуму, що перевищує допустимі рівні, бути зручними для поточного обслуговування/ремонту.

У системах водяного опалення особливою вимогою є застосування опалювальних приладів з гладкою поверхнею. Це необхідно для їх легкої дезінфекції та легкого очищення.

У закладах охорони здоров'я необхідно влаштовувати припливно-втяжну вентиляцію, для забезпечення повітряно-теплового балансу. Зовнішнє повітря, що подається до установок слід добре очищувати, за допомогою фільтрів.

Можна зробити висновок, що проектування інженерних систем в закладах охорони здоров'я є досить важким і є необхідність дотримання великої кількості нормативних вимог.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.2 Заклади освіти

Заклади освіти становлять важливу групу громадських будівель. Функціонування таких закладів безпосередньо пов'язане з перебуванням досить великої кількості людей протягом тривалого часу. Особливостями є: їхнє призначення, організація навчального процесу та віковий склад. У результаті цих особливостей виникають підвищені вимоги до параметрів внутрішнього мікроклімату.

До системи освіти в Україні належать дитячі садочки, школи, різні позашкільні, професійно-технічні, вищі заклади освіти. Тому вимоги до проектування систем теплопостачання є досить високими, в залежності від виду закладу.

Умови перебування та навчання дітей у закладах освіти зазвичай супроводжуються досить багатьма несприятливими факторами. Ці фактори можуть негативно впливати на стан здоров'я та розвиток дітей.

Одним із ключових моментів, які є необхідними для збереження та зміцнення здоров'я є дотримання санітарно-гігієнічних норм мікроклімату в початкових приміщеннях.

Враховуючи вікові особливості терморегуляції дітей, вони є особливо уразливими до коливань температури, вологості й швидкості руху повітря, тому мають потребу у стабільному тепловому режимі.

Недотримання визначеного Державними санітарними правилами і нормами температурного режиму в дошкільних і загальноосвітніх навчальних закладах може мати негативний вплив на здоров'я дітей і підлітків.

Нормативно-правовими актами визначено, що приміщення в закладах освіти повинні бути обладнані системами центрального опалення, вентиляції та кондиціонування, які забезпечують сприятливі мікрокліматичні умови в приміщеннях.

Критерії нормування повітряного обміну в приміщеннях навчальних закладів мають базуватися на динаміці температури, відносної вологості, рівня

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забруднення повітря бактеріями, вмісту пилу та концентрації вуглекислого газу (CO₂).

Заклади дошкільної освіти

Заклади дошкільної освіти мають потребу в особливій увазі до організації систем опалення, вентиляції та кондиціонування, адже їхніми відвідувачами діти дошкільного віку, які мають підвищенні вимоги до мікроклімату.

Вимоги до розрахункових параметрів температури повітря та кратності повітрообміну в дошкільних закладах освіти згідно з [6] наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 Розрахункові значення температури повітря та кратність повітрообміну в закладах дошкільної освіти

Найменування приміщення	Розрахункова температура повітря, °С		Повітрообмін	
	кліматичні райони		Приплив	Витяжка
	I, II, III, V	IV		
Ігрові кімнати, роздягальні:				
- ясельна група	22	21	1,5	1,5
- молодша група	21	20	1,5	1,5
- середня та старша група	20	19	1,5	1,5
Спальні кімнати:				
- ясельна група	21	20	1,5	1,5
- садова група	19	19	1,5	1,5

Продовження таблиці 1.2

Туалетна кімната				
- ясельна група	22	21	-	1,5
- садова група	20	19	-	1,5
Зали для музичних та фізкультурних занять	19	18	1,5	1,5
Зал басейну	30	30	За розрахунком	

Приміщення, що займають кутове положення або знаходяться в торці будівлі дошкільного навчального закладу, температура повітря повинна бути не менше +21°C.

Відносна вологість повітря в приміщеннях, де перебувають діти повинна бути в межах 40 – 60 %.

Згідно з [6], дошкільні заклади рекомендовано підключати до централізованої системи теплопостачання з встановленням вузла комерційного обліку. При неможливості підключення до централізованої системи теплопостачання слід проектувати місцеві теплогенератори, які рекомендовано передбачати разом з альтернативними джерелами.

Опалювальні прилади необхідно захищати негорючими екранами або ґратами.

У приміщеннях будівель закладів дошкільної освіти, в яких повітрообмін за годину становить 1,5 і більше, має проектуватися припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням і рекомендується з рекуперацією.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальноосвітні навчальні заклади

До загальноосвітніх навчальних закладів належать: заклади початкової освіти, заклади базової середньої освіти, ліцеї, професійно-технічні училища, заклади вищої освіти.

Ці заклади є об'єктами з масовим перебуванням дітей, підлітків та навчальних працівників. Тобто, особливістю таких закладів є люди з різними віковими категоріями та великою кількістю.

Будівлі закладів освіти повинні бути облаштовані системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Згідно з [11] будівлі закладів освіти повинні бути підключені до системи централізованого теплопостачання. При неможливості відповідно до [11] слід проектувати місцеві теплогенератори, які рекомендовано передбачати з альтернативними джерелами, наприклад тепловими насосами і сонячними колекторами.

Будівлі, які приєднуються до систем централізованого теплопостачання необхідно обладнувати вузлами комерційного обліку.

У таблиці 1.3 наведено значення розрахункової значення температури повітря та кратності повітрообміну для закладів освіти.

Таблиця 1.3 Розрахункові значення температури повітря та кратності повітрообміну для закладів освіти

Найменування приміщень	Температура, °С	Повітрообмін	
		приплив	витяжка
Класні приміщення, навчальні кабінети та лабораторії закладів загальної середньої освіти	18	16 м ³ /год на одну людину	
Класні приміщення перших-четвертих класів	20	16 м ³ /год на одну людину	

Продовження таблиці 1.3

Аудиторії, навчальні кабінети в профтехучилищах та закладах вищої освіти, навчальні майстерні з зонами для теоретичних занять, читальні зали, зали для курсового проектування, студії живопису, малюнка, скульптури, актовий зал, клас співу та музики	18	20 м ³ /год на одну людину
Фізкультурно-спортивні зали, студія хореографії	18	За розрахунком
Зал басейну	30	За розрахунком
Кабінети адміністрації, кімнати громадських орга-нізацій, кімнати відпочинку, кабінети логопеда, психолога, соціолога, бібліотека (крім читального залу)	18	1, але не менше 20 м ³ /год на одну людину
Туалети та вбиральні	20	-

У кабінетах, що мають дві зовнішні стіни, та спальних розрахункову температуру повітря слід приймати на 2 °С вище зазначеної.

Приплив свіжого повітря в навчальні приміщення і витяжку з них слід передбачати припливно-витяжними установками з використанням теплоти витяжного повітря для підігріву припливного повітря.

Окремі системи витяжної вентиляції слід передбачати для таких приміщень (груп приміщень): лекційних аудиторій, лабораторій, навчальних майстерень, залів курсового та дипломного проектування, читальних залів, актових залів, фізкультурно-спортивних залів, басейнів, тирів, їдальні, медпункту, кіноапаратної, санітарних вузлів.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Слід зазначити, що температура нижче зазначених нормативів неприпустима. На збереження температурного режиму у приміщеннях впливає:

- використання будівельних матеріалів із теплоізоляційними властивостями під час проведення реконструкцій, ремонтів;
- безперебійне функціонування систем опалення;
- проведення заходів із збереження тепла – це скління та утеплення вікон, дверей, своєчасний ремонт покрівлі, ліквідація щілин та ін.

Системи опалення слід проектувати із змінним тепловим режимом, в яких необхідно забезпечувати залежне від погодних умов автоматичне регулювання теплового потоку системи опалення з додатковим його коригуванням за усередненою температурою внутрішнього повітря або за температурою повітря у характерному за призначенням будівлі приміщенні, що має найбільш питоми тепловтрати.

Опалювальні прилади необхідно оснащати автоматичним регулятором температури повітря в приміщенні (терморегулятор або електронний регулятор витрати теплоносія).

1.2.3 Адміністративно-побутові будівлі

Адміністративно-побутові будівлі становлять окрему категорію громадських споруд. Функціонування таких споруд пов'язане з організацією управлінської, офісної, допоміжної та сервісної діяльності. Такі споруди забезпечують умови для роботи персоналу, обслуговування відвідувачів, виконання адміністративних функцій або розміщення службових приміщень різного призначення.

До таких будівель належать офісні центри, адміністративні корпуси підприємств та установ. Вони мають ряд особливостей в системі теплопостачання. У таких закладах поєднуються різні типи робочих приміщень.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зазвичай, адміністративно-побутові будівлі підключаються до централізованої системи тепlopостачання. Також, можливе підключення до автономних котелень. На сьогоднішній день, досить популярно є влаштування індивідуальних теплових пунктів.

Згідно з [10] розрахункова температура повітря та вологість повітря для адміністративно-побутових будівлях наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 Розрахункова температура повітря та вологість повітря для адміністративно-побутових будівлях

Найменування приміщень	Температура, °С	Вологість, %, не більше
Робочі кабінети	+18...+22	40-60
Коридори, вестибюлі та допоміжні приміщення	+16...+18	
Архіви	+16	
Душові та роздягальні	+22	
Туалети та вбиральні	+16...+18	

Швидкість руху повітря повинна не перевищувати 0,2 м/с.

Специфічністю систем опалення в адміністративно-побутових спорудах є те, щоб умови на робочому місці працівників не перешкождали його професійній діяльності.

Такі будівлі мають значну різноманітність приміщень – від офісів і залів засідань до гардеробних, душових, технічних приміщень та архівів. Це зумовлює різні теплові навантаження та режими роботи. Тому виникає потребу у прийнятті гнучких рішень у проектуванні системи опалення.

Зазвичай у таких будівлях застосовується центральна водяна система тепlopостачання. У конференц залах та великих приміщень застосовують комбіновані системи опалення та вентиляції.

Споживання тепла в адміністративно-побутових будівлях зазвичай залежить від режиму роботи в установі.

Особливістю таких споруд є гнучкість системи та здатність регулювання в залежності від умов та присутності людей.

1.2.4 Культурно-розважальні заклади

Культурно-розважальні заклади є досить важливою частиною громадських будівель. Вони призначені для організації дозвілля, проведення масових заходів та забезпечення культурних потреб населення.

До цієї категорії споруд належать: театри, кінотеатри, концертні зали, музеї, будинки культури, виставкові центри, спортивно-розважальні комплекси та інші будівлі. У таких будівлях одночасно можуть перебувати великі групи людей.

Функціональне призначення таких споруд визначає досить велику різноманітність приміщень з різними вимогами до параметрів мікроклімату.

З урахуванням великої кількості людей, їх змінне перебування і підвищені вимоги до комфорту, системи опалення, вентиляції та кондиціонування в таких закладах потребують розроблення спеціальних технічних рішень.

Особливістю таких будівель є досить великі об'єми приміщень та велика кількість відвідувачів.

Зазвичай, теплопостачання здійснюється від централізованих котелень або ТЕЦ. Також, використовуються автономні котельні.

Згідно з [10] культурно-розважальні заклади мають такі розрахункові параметри температури та вологості повітря в приміщеннях:

- Температура повітря - +16...+22 °С;
- Швидкість повітря – менше 0,1 м/с;
- Відносна вологість - 40-60 %.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такі будівлі мають досить великі об'єми, тому потребують потужних систем опалення та вентиляції.

Зазвичай, застосовуються комбіновані системи, а саме: радіаторне, повітряне опалення, системи вентиляції та кондиціонування, для забезпечення рівномірного розподілу теплової енергії.

Такі будівлі вимагають адаптивності в інженерних системах, тобто системи, які мають здатність до швидкого реагування та зміни теплового навантаження. Також, забезпечення ефективної роботи під час часткового навантаження.

З огляду на різноманітність типів громадських будівель, досить актуальним є використання комбінованих інженерних систем, з використанням сучасних рішень, сучасної автоматики та моніторингу.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ПРИНЦИПИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Через повномасштабну війну та масовані ракетні удари виникає потреба у побудові та реконструкції великої кількості споруд цивільного захисту. Під час масованих обстрілів мільйони громадян змушені переховуватися в укриттях тривалий час.

Теплопостачання в спорудах цивільного захисту є одним з важливих елементів інженерного забезпечення. Перебування людей у сховищах, протирадіаційних укриттях чи найпростіших захисних спорудах має гарантувати збереження життя та повинно задовольняти людські потреби протягом усього періоду перебування в них.

Необхідно підтримувати оптимальні параметри мікроклімату, а саме: температуру, вологість, швидкість та якість повітря, які залежать від правильно організованих систем опалення та вентиляції.

Однією з найважливіших особливостей проєктування системи теплопостачання у спорудах цивільного захисту є забезпечення стабільної та безперервної роботи систем при різних умовах, таких як звичайні умови використання та в умовах екстремальних ситуацій. Тому необхідно передбачати автономні або резервні джерела теплоти.

На сьогоднішній день, відбувається будівництво великої кількості споруд цивільного захисту у вже існуючих будівлях. Влаштування укриттів в існуючих будівлях породжує велику кількість досить складних задач.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Особливості теплопостачання споруд цивільного захисту

Теплопостачання споруд цивільного захисту майже нічим не відрізняється від систем теплопостачання звичайних будівель.

Проектування систем теплопостачання захисних споруд та споруд подвійного призначення виконується згідно до вимог, які наведені в [9] та [10].

Подача теплоти для захисних споруд та споруд подвійного призначення може бути передбачена:

- від загальних мереж централізованого теплопостачання населених пунктів;
- від автономних систем теплопостачання об'єктованого рівня;
- від індивідуальних джерел, які є призначені виключно для забезпечення потреб захисних споруд та споруд подвійного призначення.

З урахуванням техніко-економічного обґрунтування теплопостачання захисних споруд та споруд подвійного призначення допускається забезпечувати за допомогою електронагрівальних приладів, які повинні відповідати санітарним та протипожежним нормам та правилам.

Згідно з [7] забороняється передбачати систем теплопостачання з встановленням всередині нагрівальних приладів з використанням для нагріву теплоносія відкритого вогню.

Застосування котлів та пічок на твердому паливі в захисних спорудах та спорудах цивільного призначення, дозволяється за Зумови розміщення їх в окремих приміщеннях за межами захисної споруди.

Застосування котлів, в яких використовується зріджене або газоподібне паливо, що застосовуються в якості джерела індивідуальними системами опалення захисних споруд та споруд подвійного призначення допускається з встановленням за межами цих споруд.

Проектування системи опалення приміщень вбудованих або прибудованих захисних споруд або СПП слід передбачати самостійним відгалуженням з влаштуванням індивідуального теплового пункту (ІТП) або через вузол регулювання, що приєднуються за незалежною схемою з

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановленням приладів обліку витрати теплоти до загальної опалювальної мережі будівлі чи споруди, до якої її вбудовано.

Встановлення індивідуального теплового пункту чи вузлу регулювання укриття допускається в приміщенні ІТП чи ЦТП основної будівлі, в якій влаштовується чи прибудовується захисну споруду.

Рекомендовано приєднувати до індивідуального джерела за незалежною схемою систему опалення приміщень вбудованої чи прибудованої захисної споруди або споруди подвійного призначення.

Якщо захисну споруду розташовано окремо від будівель підключення до зовнішніх теплових мереж слід передбачати окремим відгалуженням.

При розрахунку систем опалення температури таких приміщень в холодний період року слід приймати 10°C, але при експлуатації приміщень у мирний час немає потреби у більш високій температурі.

Тип теплоносія та нагрівальні прилади обираються за умов використання приміщень у мирний час.

Необхідно передбачити заходи, які захищають систему опалення від замерзання в мирний час.

Одною з головних вимог до проектування системи теплопостачання в таких спорудах є надійність та безперервність подачі теплоти з врахуванням будь-яких умов. Тому у спорудах цивільного захисту є важливим підтримка стабільних параметрів мікроклімату, які є необхідними для збереження здоров'я людини, які перебуватимуть в таких укриттях. Системи теплопостачання повинні бути інтегрованими та повинні забезпечувати ефективний теплообмін.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Типи системи та їх підключення

Під час проектування систем теплопостачання особливу увагу слід приділяти об'єктам цивільного захисту, де критичним є забезпечення надійного та безперервного функціонування систем за будь-яких умов. Вибір оптимальної системи теплопостачання визначається не лише джерелом та способом подачі теплової енергії, а й схемою підключення та ін.

Саме для цього необхідно розглянути основні типи системи теплопостачання та їх принципи дії.

Систем теплопостачання можна кваліфікувати за такими особливостями:

- 1) Джерело теплоти;
- 2) Вид теплоносія;
- 3) Спосіб подачі на гаряче водопостачання;
- 4) Кількість паралельних трубопроводів;
- 5) Спосіб забезпечення споживачів тепловою енергією.

У залежності від джерела теплоти, від яких будівля отримує тепло, можна відокремити такі три типи [16]:

Централізоване джерело теплоти - виступає ТЕЦ або водогрійна котельня, яке забезпечує теплом велику кількість будівель. Це велике підприємство, в якому невід'ємним елементом є великі розгалужені системи тепломереж.

Централізоване теплопостачання є оптимальним для щільної забудови (для великих міст з відсутнім місцем для влаштування котелень). Воно є найбільш ефективним, бо така система є стабільною, безпечною та економічнішою.

Місцеве джерело теплоти (газовий, комбінований або твердопаливний котел) – забезпечує теплом один або декілька поруч розташованих будівель. Джерело теплопостачання являє собою невеличке підприємство. Є оптимальним для невеличких міст чи районів.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індивідуальне джерело теплоти – надає тепло одній будівлі, влаштовується для індивідуально для кожної будівлі. Використовується зазвичай для приватних будинків, багатоквартирних будівель, а також споруд де неможливе приєднання до централізованого теплопостачання.

В якості теплоносія для громадських будівель використовується перегріта вода.

За способом подачі теплоти на гаряче водопостачання водяні системи можна розділити на закриті та відкриті [16].

Принцип дії відкритої системи

У такій системі вода подається безпосередньо з теплоцентралі. Гаряча вода підіймається вгору, завдяки чому на виході котла створюється високий тиск, а на вході до теплогенератора – невелике розрідження. Потім рідина із зони високого тиску надходить в зону більш низького і в результаті утворюється природна циркуляція теплоносія. Через здатність води збільшуватись в об'ємі під час нагрівання, необхідним є встановлення відкритого розширювального баку [16].

Принцип дії закритої системи

Закриті водяні системи теплопостачання, теплоносій з теплових мереж використовується для нагріву в підігрівачах поверхневого типу водопровідної води, котра подається в систему ГВП. Тоді як, у відкритих системах гаряча вода одразу подається з теплової мережі до водорозбірних пристрої місцевих систем теплопостачання. За відсутності безпосереднього водорозбору і незначного витікання теплоносія через нещільності з'єднань трубопроводів і устаткування закриті системи відрізняються постійною кількістю і якістю мережної води. Особливістю закритих систем є те, що вони бувають лише багатотрубні [16].

За способом забезпечення споживачів тепловою енергією існують багатоступеневі та одноступеневі системи теплопостачання.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В одноступеневих системах теплопостачання споживачі приєднуються до теплової мережі.

Місця в яких відбувається приєднання споживачів до теплових мереж називають тепловими пунктами. У ньому встановлюють за необхідності підігрівачі для гарячого водопостачання, елеваторні або насосні вузли змішування, арматуру, контрольно-вимірювальні пристрої для регулювання параметрів та витрат теплоносія, лічильники води та теплоти. Є обмеження по допустимих тисків теплових мереж під час приєднання опалювальних пристроїв до теплових мереж. Високий тиск, який необхідний для транспортування теплоносія до кінцевих споживачів, є небезпечним для опалювальних приладів. Тому ці одноступеневі системи використовують для теплопостачання лише обмеженої кількості споживачів від котельні в якій є невелика довжина теплових мереж [16].

На рисунку 2.1 зображено одноступеневу систему теплопостачання

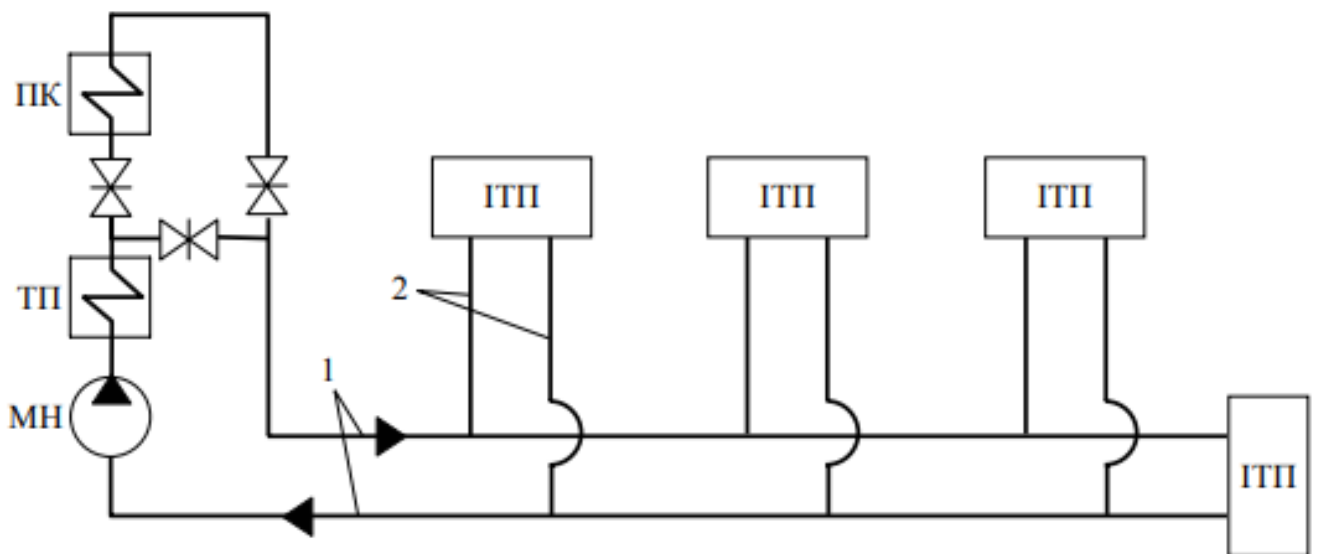


Рис. 2.1 Схема одноступеневої системи теплопостачання

1- магістральні трубопроводи; 2-відгалудження; ІТП- індивідуальний тепловий пункт; ТП- теплофікаційний підігрівач; ПК-піковий котел; МН-мережний насос

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У багатоступеневій системі тепlopостачання є центральні теплові пункти, які розташовані між джерелом теплоти та споживачем. У цих пунктах відбуваються зміни параметрів теплоносія в залежності від потреб споживачів.

Насоси, підігрівачі, регулювальна, запірна, запобіжна арматура, контрольно-вимірювальні прилади встановлюються в центральних теплових пунктах.

Вони потрібні для забезпечення споживачів теплоносієм з необхідними параметрами. Магістральні трубопроводи за допомогою насосів та підігрівачів гідравлічно ізолюються від розподільних мереж. Теплоносій з допустимими параметрами по загальних або окремих трубопроводах надходить до індивідуальних теплових пунктів кожної будівлі. У цьому пункті відбувається підмішування зворотної води, а також регулюється витрата води для гарячого водopостачання та відбувається облік витрати тепла. Повна гідравлічна ізоляція збільшує надійність тепlopостачання та збільшує відстань для транспортування теплоносія. Такі системи дозволяють зменшити кількість встановлених підігрівачів для системи ГВП, циркуляційних насосів та регуляторів температури, які необхідно встановлювати в індивідуальних теплових пунктах при використанні одноступеневої системи [16].

На рисунку 2.2 зображено схему багатоступеневої системи тепlopостачання.

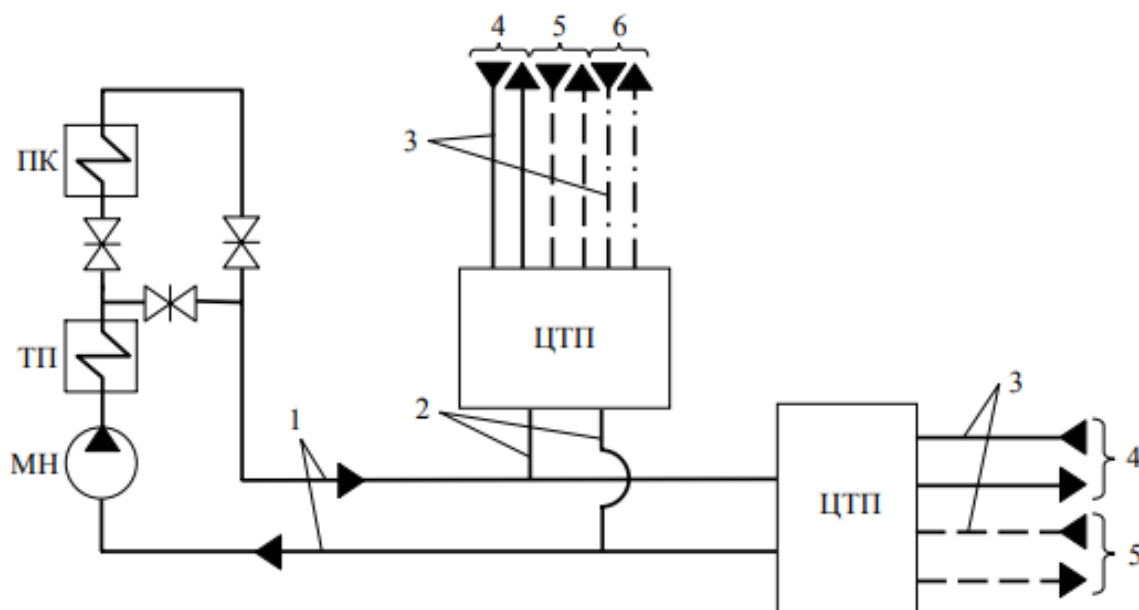


Рис. 2.2 Схема багатоступеневої системи тепlopостачання
 1-магістральні трубопроводи; 2- трубопроводи відгалуження;
 3-розподільчі мережі; 4- теплові мережі опалення та вентиляції;
 5-теплові мережі гарячого водopостачання; 6-теплові мережі
 технологічних потреб

У залежності від кількості трубопроводів, які передають воду в одному напрямку, системи тепlopостачання можна розділити на:

- Однотрубна система тепlopостачання;
- Двотрубна система тепlopостачання;
- Багатотрубна система тепlopостачання.

За схемою приєднань систем опалення до теплових мереж можуть бути залежні та незалежні.

Принцип дії залежної схеми базується на тому що вода з теплових мереж напряду надходить в опалювальні прилади систем опалення та вентиляції.

Незалежні схеми, в таких системах теплоносій з теплової мережі подається спочатку до підігрівача, в якому вода нагрівається і потім циркулює в системі опалення. Тобто, мережна вода і вода, яка циркулює в системі опалення не змішуються і є повністю ізольовані одна від одної. Необхідні параметри гідравлічного режиму, а саме: тиск та витрата теплоносія, в місцевих системах забезпечуються за допомогою спеціальних насосів. Такі системи, є складніші ніж залежні схеми приєднання і обладнання коштує значно дорожче.

Приєднання калориферів системи вентиляції виконується за залежною схемою.

Використання індивідуального теплового пункту в залежних і незалежних схемах підключення системи опалення до централізованої теплової мережі.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В індивідуальному тепловому пункті з залежним приєднанням системи опалення до зовнішніх мереж циркуляція теплоносія в системі опалення підтримується за допомогою циркуляційного насосу.

Керування такого насосу виконується в автоматичному режимі від контролера або відповідного блоку управління. Контролер автоматично підтримує необхідний температурний графік в опалювальному контурі. Здійснюється це за допомогою регулюючого клапану, який розташовується на трубопроводі, що подає, на стороні зовнішньої теплової мережі. Між подачею і зворотним трубопроводом встановлюється змішувальна арматура, завдяки якій виконується підмішування теплоносія в трубопровід подачі зі зворотної лінії системи опалення з більш низькими температурними параметрами.

На рисунку 2.3 зображена принципова схема модульного теплового пункту, підключеного за залежною схемою.

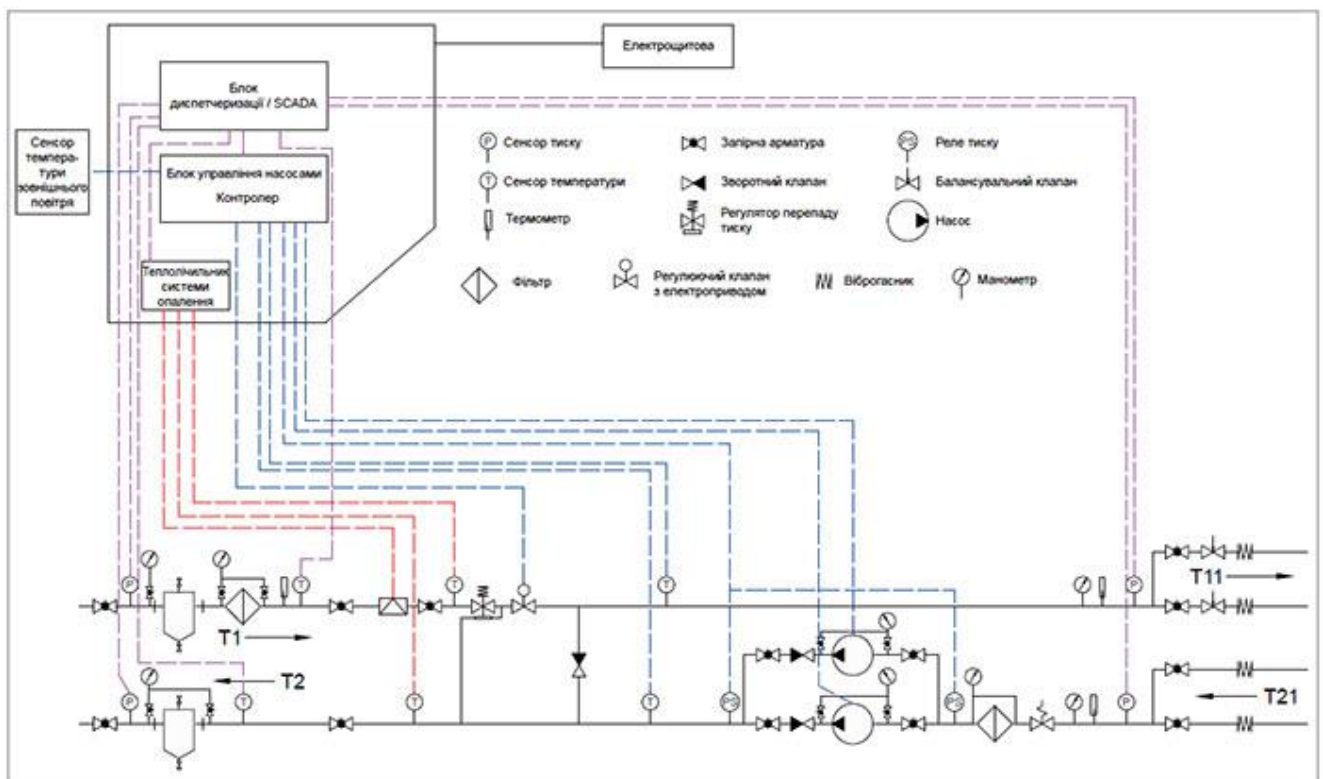


Рис. 2.3 Принципова схема модульного теплового пункту, підключеного за залежною схемою

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У незалежній системі для приєднання до зовнішнього джерела тепла використовується теплообмінник. Теплоносій в системі опалення циркулює за допомогою циркуляційного насосу. Керування насосом проводиться в автоматичному режимі через контролер або блоком керування. Підтримка необхідного температурного графіку в опалювальному контурі здійснюється автоматичним електронним регулятором. Електронний регулятор впливає на регульований клапан, який влаштовується на подавальному трубопроводі, на стороні зовнішньої теплової мережі.

На рисунку 2.4 зображено принципову схему модульного теплового пункту, який підключається за незалежною схемою.

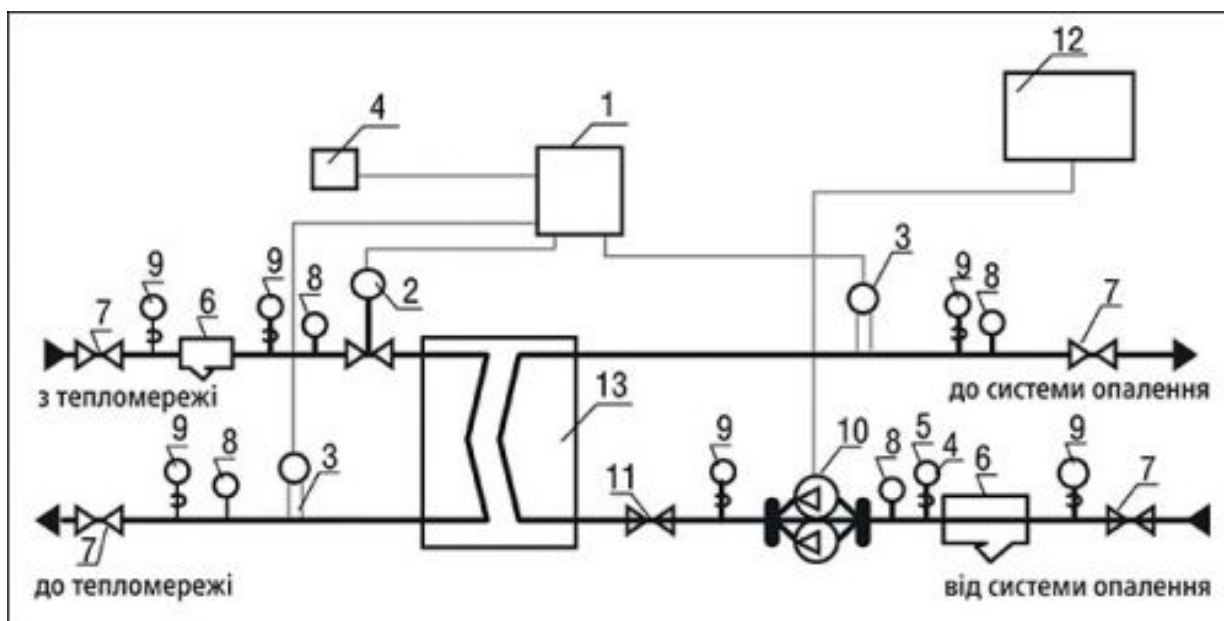


Рис. 2.4 Принципова схема модульного теплового пункту, підключеного за незалежною схемою

1 – контролер; 2 – двоходовий регулюючий клапан з електричним приводом; 3 – датчики температури теплоносія; 4 – сенсор температури зовнішнього повітря; 5 – реле тиску для захисту насосів від сухого ходу; 6 – фільтри; 7 – засувки; 8 – термометри; 9 – манометри; 10 – циркуляційні насоси системи опалення; 11 – зворотний клапан; 12 – блок управління циркуляційними насосами; 13 – теплообмінник системи опалення

Перевагою даної схеми є те, що опалювальний контур не має залежності від гідравлічних режимів централізованої мережі.

2.3 Регулювання систем теплопостачання

Втрати теплової енергії, спричинені низькою ефективністю систем регулювання на етапах виробництва, транспортування та подачі тепла є слабкою ланкою в системі централізованого теплопостачання в порівнянні з автономним.

Основним завданням регулювання системи теплопостачання є узгодження режимів теплопостачання та режимів виробництва тепла. В залежності від місця, де здійснюється регулювання, можна класифікувати на: центральне, групове, місцеве та індивідуальне.

Центральне регулювання відбувається на ТЕЦ або в котельні за переважним тепловим навантаженням.

Групове регулювання виконується в центральних теплових пунктах (ЦТП) для однотипних споживачів. Регулювання характеризується підтриманням потрібної температури та витрати теплоносія в центральних теплових пунктах. Теплоносій подається в розподільні та внутрішньоквартальні теплові мережі.

Спосіб місцевого регулювання відбувається в індивідуальних теплових пунктах. Додатково корегуються параметри теплоносія з врахуванням місцевих факторів та вимог.

Індивідуальне регулювання виконується вже біля пристроїв, які споживають тепло.

У сучасних системах теплопостачання численні споживачі мають різні вимоги та потреби за характером використання теплової енергії та параметрів теплоносія. Тому використовується комбіноване регулювання, з врахуванням

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всіх вище згаданих. Таке регулювання забезпечує узгодженість між кількістю відпуску теплоти та потребами споживачів.

За способом здійснення регулювання воно може бути ручним та автоматичним.

Найпоширенішим методом в системах централізованого теплопостачання є якісне центральне регулювання. Подача теплоти шляхом зміни температури теплоносія в трубопроводах теплових мереж на виході з джерела теплоти. Цей спосіб має досить суттєвий недолік, він є неефективним у період, коли температуру опалення приміщень можна знизити, але її необхідно підтримувати для гарячого водопостачання. І як результат відбуваються значні втрати тепла [16].

Під час цього тривалого періоду регулювання, за допомогою зміни температури теплоносія, адекватне регулювання відпуску теплоти з котелень стає неможливим через необхідність підтримання постійної температури теплоносія у тепловій мережі близько 60-65 °С в подавальному трубопроводі. І є необхідним для виготовлення гарячої води температурою 50-55 °С.

Кількісне регулювання має досить широке застосування для індивідуального регулювання, що дозволяє коригувати теплову роботу приладів місцевих систем теплопостачання. Цей спосіб полягає в зменшенні або збільшенні кількості теплоносія, що циркулює в системі [16].

У порівнянні з кількісним регулюванням, якісне регулювання вимагає більших витрат електроенергії на транспортування теплоносія, що є недоліком цього методу.

Комбінування цих двох методів включає зміну витрати мережної води за рахунок зменшення опалювального навантаження, що включає зниження температури в подавальному трубопроводі теплової мережі нижче рівня, необхідного для гарячого водопостачання.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулювання перепустками

Це метод регулювання, коли система теплопостачання працює не постійно, і подача тепла вмикається чи вимикається за графіком чи залежно від потреби.

Будівлі мають таку особливість як теплова інерційність. Тобто, здатність огорожувальних конструкцій утримувати тепло, тому підігрівати приміщення постійно немає потреби. Достатньо час від часу підживлювати теплом, щоб температура задовольняла допустимі та нормативні параметри.

Регулювання перепустками використовують в двотрубних водяних теплових мережах, коли температура зовнішнього повітря є високою при постійній мінімально допустимій температурі води в подавальному трубопроводі теплової мережі для відпуску теплоти для гарячого водопостачання,

Вибір способу регулювання пов'язаний з вибором температурного режиму роботи теплових мереж і температурним графіком відпуску теплоти. У сучасних системах теплопостачання поширеним є зниження температури теплоносія в теплових мережах. Головною з причин є зменшення витрати теплоти з поверхні трубопроводів теплових мереж.

2.4 Облік теплової енергії

У сучасних умовах особливої уваги набуває ефективне управління споживанням теплової енергії через зростання вартості на енергоресурси та підвищеною уваги до енергоефективності. Досить важливу роль відіграє організація обліку теплової енергії. Саме облік теплової енергії сприяє формуванню витрат, виявлення витрат, ефективної роботи інженерних систем та експлуатації будівель.

Системи обліку теплової енергії влаштовуються для індивідуальних споживачів, багатоквартирних квартирах, промислових підприємствах і для

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

громадських будівель. Особливу увагу посідає використання систем обліку теплової енергії у громадських будівлях.

Згідно з Законом України «Про комерційний облік ТЕ та водопостачання» комерційний облік теплової енергії здійснюється за допомогою вузлів обліку, які працюють на основі показань засобів вимірювальної техніки.

Важливим технічним елементом є вузол обліку теплової енергії. Цей вузол являє собою систему обладнання та пристроїв, які призначені для вимірювання, ведення обліку та реєстрації теплової енергії, яка споживається.

Головними завданнями вузла обліку теплової енергії є:

- вимірювання та фіксування спожитої теплової енергії;
- забезпечує облік спожитої теплової енергії;
- забезпечує реєстрування та внесення даних про спожиту теплову енергію;
- забезпечує основу для оплати за спожиту теплову енергію.

Складовими вузла обліку теплової енергії є тепловий лічильник – пристрій, який вимірює спожиту теплову енергію; датчик температури – пристрій, який вимірює температуру теплоносія і передає цю інформацію на контролер ; датчики тиску – прилад, який вимірює тиск в системі; витратоміри – пристрої, які вимірюють кількість теплоносія; арматура – до таких пристроїв можна віднести крани, фільтри клапани та ін.; перетворювачі та система для реєстрування даних показників – пристрої, які обробляють сигнали від датчиків та передають ці дані на лічильник.

Можна також відокремити два типи вузла обліку теплової енергії:

- вузол комерційного обліку – забезпечує загальний облік споживання теплової енергії в будівлі;
- вузол розподільного обліку – забезпечує індивідуальний облік споживання теплової енергії окремих споживачів в будівлі.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з Пунктом 2 статті Закону України « Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання» забороняється приєднувати житлові і нежитлові будівлі до зовнішніх інженерних мереж без встановлення цих будівель вузлами комерційного обліку.

Оснащення громадських будівель вузла комерційного обліку теплової енергії є обов'язковою вимогою і виконується на межі балансової належності будівлі, у точці приєднання до мереж.

Впровадження обов'язкового обліку в системі теплопостачання створить необхідні умови для розмірного використання енергетичних ресурсів та прозорість системи нарахування плати за використану теплову енергію.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ПАРАЛЕЛЬНЕ ПІДКЛЮЧЕННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ОСНОВНОЇ БУДІВЛІ ТА ВБУДОВАНОГО УКРИТТЯ

3.1 Огляд літератури

Організація системи теплопостачання укриттів потребує особливої уваги, тому що необхідно забезпечити стабільний тепловий режим у приміщеннях будівель.

Одним з доцільних рішень при проектуванні таких систем є паралельне підключення систем теплопостачання основної будівлі та укриття.

Паралельне підключення систем теплопостачання основної будівлі та вбудованого укриття дає змогу одночасно подавати теплову енергію до обох зон. Основною причиною влаштування такої схеми підключення є перебування людей в будівлях цивільного захисту під час повітряної тривоги.

Головними перевагами такої схеми підключення є рівномірний розподіл теплової енергії та немає потреби збільшувати навантаження на джерело теплоти. Це є суттєвим пріоритетом, оскільки дозволяє ефективно використовувати наявні енергоресурси, зменшити витрати на проектування та реконструкцію, а також уникнути перевантаження на обладнання.

При проектуванні важливу увагу треба приділити гідравлічній рівновазі, правильно підбраному обладнанню, арматурі та засобам автоматичної регуляції.

Згідно з [7] система опалення приміщень, які вбудовані чи прибудовані слід проектувати самостійним відгалуженням з влаштуванням індивідуального теплового пункту (ІТП) або через вузол регулювання, які приєднуються за незалежною схемою. Необхідно встановити прилади обліку витрат тепла до загальної опалювальної мережі будівлі, до якої її вбудовано чи прибудовано.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) або вузол регулювання, що використовуються до потреб укриття допускається встановлювати в приміщенні ІТП основної будівлі, якій вбудована чи прибудована споруда цивільного захисту.

Згідно з [7] для підвищення надійності в ІТП захисних споруд та споруд подвійного призначення, які підключаю до централізованого чи автономного теплопостачання необхідно передбачати два циркуляційні насоси, один з них резервний.

Тепловий пункт – це важливий вузол в системі теплопостачання будівлі. Схема роботи ТП (теплого пункту) проектується індивідуально для кожного об'єкта.

У нашому випадку підключення системи теплопостачання відбувається за незалежною схемою.

У теплових пунктах, які підключаються за незалежною схемою, ефективну передачу тепла забезпечує теплообмінник. З урахуванням прийнятої нами схеми, їх буде два: один для теплопостачання основної будівлі, інший для – укриття.

Незалежна схема приєднання має безліч переваг. Однією з переваг є захист системи від надвисокого тиску у теплових мережах, або ж дозволяє забезпечити якісну та ефективну роботу при наднизькому тиску [2].

Незалежне приєднання системи передбачає підігрівання води, яка циркулює в системі, водою що надійшла з теплових мереж через пластинчастий теплообмінний апарат. Вода, яка надходить з теплових мереж не потрапляє в систему опалення, а віддає своє тепло через пластини теплообмінного апарату – воді, що циркулює у системі опалення. Це і є особливістю індивідуального теплового пункту [2].

Пластинчастий теплообмінник є головною особливістю теплового пункту, який приєднується за незалежною схемою. За допомогою власного

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиску розширювального баку, система може самостійно функціонувати за допомогою цього теплообмінника. Через теплообмінну поверхню відбувається передача теплової енергії без змішування робочих середовищ.

У такій системі підтримується постійний тиск у внутрішній мережі будівлі, навіть при коливаннях в магістральній мережі. Також, є можливість індивідуального регулювання температурного графіка теплоносія з врахуванням параметрів зовнішнього повітря. У даному випадку з врахуванням небезпечних ситуацій.

3.2 Принципова схема ІТП та принцип дії

У даній роботі за основу взято типову принципову схему індивідуального теплового пункту (ІТП) [2], яка використовується в сучасних системах тепlopостачання. На основі даної схеми було розроблено рішення з врахуванням даного об'єкта – будівлі з вбудованим укриттям, яка має необхідність в паралельному підключенні двох контурів.

Головним завданням цієї схеми є перемикання потоку теплоносія, який надходить до основної будівлі, на укриття під час повітряної тривоги.

Тобто, дана схема в штатному режимі, працюватиме таким чином: основний потік теплоносія надходитиме до системи тепlopостачання будівлі і невелика його частина на тепlopостачання укриття. Під час вмикання надзвичайної ситуації, а саме повітряної тривоги, відбуватиметься перемикання з основної будівлі на укриття. і основний потік теплоносія буде надходити на споруду цивільного захисту.

Такий підхід дає змогу передбачити незалежне регулювання для кожного контуру, з можливістю відключення одного з них в залежності від потреб. Також підтримання необхідних температурних параметрів для кожної зони.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дана схема складається з таких елементів:

1. Теплова мережа – зовнішнє джерело тепла, завдяки якому пожається теплоносій до індивідуального теплового пункту. Зворотній та подаючий трубопроводи, на яких встановлено запірну арматуру, яка дає змогу відключити будівлю від теплової мережі.

Мережна вода надходить до внутрішньої системи через фільтр грязовик, в якому осідають різні механічні домішки (іржа, пісок, накип, бруд та ін.). Ці механічні домішки можуть призвести до засмічення трубопроводів і зниження його потужності.

2. Подаючий та зворотній трубопроводи внутрішньої системи – їхнім завданням є розподіл теплоносія між основною будівлею та укриттям.

3. Вузол розгалуження контурів – вузол, у якому відбувається розподіл на дві гілки: контур основної будівлі та контур вбудованого укриття.

4. Триходовий клапан з електроприводом – встановлюється перед теплообмінником основної будівлі. У даному випадку функцією клапан є розподіл чи перенаправлення теплоносія з одного контуру на інший.

Конструкція тиходового клапана досить проста, внутрішня частина клапана має обертовий елемент, який через змінює напрямок потоку теплоносія. У даному випадку він отримує сигнал з щита керування і перемикає напрямок потоків.

5. Пластинчастий теплообмінник – є основним елементом ІТП, в нашому випадку їх два. Один для контуру основної будівлі, інший для укриття.

Пластинчастий теплообмінник – пристрій, кий призначений для передачі тепла від одного середовища до іншого.

Конструкція є досить простою, він складається з рухомої та нерухомої плит, між ними розташовується "пакет" теплопередаючих пластин, які є основним елементом теплообмінника. На кожній пластині є гофрована поверхня. Основними функціями цієї поверхні є збільшення площі теплообміну, відбувається турбулентність потоків, що призводить до

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покращення теплопередачі та забезпечують механічну жорсткість, для запобігання деформації. Пластини збираються в пакет, кожна наступна повертається на 180 градусів, відносно попередньої. Це необхідно для утворення каналів для двох середовищ: парні канали – використовуються для гарячої рідини, непарні – для холодної рідини.

Вони є досить простими у обслуговуванні та ремонтпридатні. При втраті герметичності або якщо одна з пластин виходить з ладу, теплообмінник можна легко розібрати, а секцію змінити.

Також, при необхідності, можна досить легко підвищити потужність шляхом збільшення кількості пластин теплообмінника.

Вода, що надійшла з теплових мереж, передбачає підігрів води, яка циркулює в системі опалення, за допомогою цього теплообмінника. Тобто, вода, яка надходить з теплової мережі, не потрапляє одразу в систему опалення, а віддає своє тепло через пластини теплообмінного апарату – воді, що циркулює в системі опалення [21].

На рис. 3.1 зображено пластинчастий теплообмінник

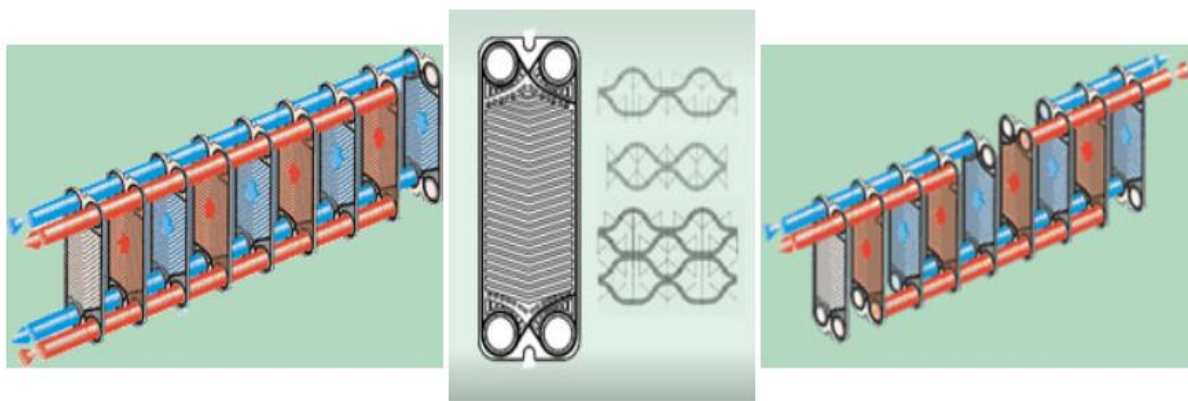


Рис. 3.1 пластинчастий теплообмінник

6. Циркуляційні насоси – є невід'ємним елементом даної схеми. Вони встановлюються на обидвох контурах. Забезпечують автономну циркуляцію теплоносія в системі.

7. Регулюючі клапани- необхідні для керування витрати теплоносія, підтримання необхідної температури.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Регулятор перепаду тиску – потрібний для стабілізації гідравлічного режиму на вводі теплових мереж. Він знижує надлишковий тиск та підтримує стабільний перепад на регулюючому клапані регулятора температури. Теплоносій після етапу фільтрування в фільтрі грязовику надходить на цей регулятор перепаду тиску, і в ньому підтримується постійний перепад тиску між подаючим та зворотнім магістралями системи теплопостачання. При цьому відбувається забезпечення постійної витрати теплоносія через пластинчастий теплообмінник, незважаючи на зміну зовнішніх параметрів.

9. Розширювальний бак – є досить важливим елементом системи і являє собою герметичний резервуар, який частково заповнюється теплоносієм та повітрям під тиском. Головною функцією є компенсування температурних розширень теплоносія та підтримки стабільно тиску в системі.

Принцип роботи розширювального баку базується на стисненні повітря під час надходження надлишкового теплоносія. Під час нагрівання відбувається збільшення об'єму води (теплоносія) приблизно на 3,5 %. Обсяг води, який утворився під час нагрівання, надходить у розширювальний бак і стискає повітря, яке в ньому знаходиться. Під час процесу охолодження, відбувається розширення повітря і рідина (теплоносій) повертається до системи опалення. Розмір баку повинен становити близько 10% від загального обсягу теплоносія в системі.

10. Запірна арматура – забезпечують безпеку та контроль над робочим середовищем, до неї належать: крани, вентилі, клапана, засувки та затвори. Потрібні для перекриття потоку рідини в системі.

11. Контрольно-вимірювальні прилади- термометри, манометри, лічильники витрати теплоносія, та датчики для моніторингу параметрів.

12. Датчик температури зовнішнього повітря.

13. Щит керування ІТП – це пристрій для автоматизованого управління ІТП. Він забезпечує контроль та керування роботою всієї системи.

Основними функціями щита керування є:

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- автоматичне керування циркуляційних насосів;
- захист електродвигунів насосів від короткого замикання і перевантаження, а також сухого ходу;
- управління і захист запірних і регулюючих клапанів;
- підтримка заданих параметрів тиску та температури;
- контроль аварійних ситуацій в ІТП (прорив трубопроводу; поломки основного насосу і включення резервного);
- у даному випадку передавання сигналу повітряної тривоги на триходовий клапан, для перемикання системи.

Отже, щит керування є центральним органом контролю в ІТП. Він забезпечує стабільну роботу всієї системи та підтримує оптимальні параметри тепlopостачання.

3.3 Формула патенту

Формула

Індивідуальний тепловий пункт, який складається з теплового вводу в будівлю, теплообмінника для системи опалення та системи гарячого водopостачання, циркуляційних насосів, запірно-регулюючої арматури та системи для автоматичного управління; має особливість у тому, що оснащується двома теплообмінниками – перший, для контура системи опалення основної будівлі, другий – для системи опалення укриття, водночас обидва контури приєднуються паралельно до подавальної та зворотної магістралей теплової мережі через триходовий клапан, який у звичайному режимі подає теплову енергію до основної будівлі, а під час повітряної тривоги перемикає близько 60-70 % теплового потоку на контур укриття.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опис

Корисна модель індивідуального теплового пункту з паралельним підключення основної будівлі та споруди цивільного захисту належить до пристроїв, які використовуються для забезпечення тепловою енергією будівель і споруд. Може бути використаний у цивільних та громадських будівлях, які мають вбудоване укриття.

За основу обрано, схему індивідуального теплового пункту [8].

Індивідуальний тепловий пункт складається з подавального та зворотного трубопроводів, теплообмінного вузла для основної будівлі та теплообмінного вузла для укриття.

Теплообмінний вузол для основної будівлі працює у штатному режимі. Він передає теплову енергію від мережі до системи опалення основної будівлі. Такий вузол складається з пластинчастого теплообмінника, в якому вода, яка надходить з теплової мережі не потрапляє у систему опалення, а віддає своє тепло через його пластини воді, яка циркулює в системі опалення. Також, такий вузол має триходовий клапан, датчики температури та тиску та запірну арматуру.

Теплообмінний вузол для укриття, призначений для роботи під час повітряної тривоги. Він забезпечує опалення або підтримання температурних параметрів в укритті у режимі звичайної роботи. Має аналогічний склад як і вузол для основної будівлі. А саме: пластинчастий теплообмінник, триходовий клапан, датчики температури та тиску та запірну арматуру.

У такому тепловому пункті, особливу роль відіграє вузол триходового клапан, який розподіляє тепловий потік між двома теплообмінниками. У звичайному режимі клапан розподіляє тепловий потік відповідно до теплового навантаження основної будівлі це близько 90 % і 10 % на укриття.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У режимі надзвичайної ситуації, у нашому випадку під час повітряної тривоги завдяки системі автоматичного керування подається сигнал на триходовий клапан. Після чого клапан перекриває основний потік теплової енергії з основної будівлі на укриття. Тобто, споруда укриття отримує близько 60 – 70% теплового потоку, решта залишається для основної будівлі.

Також, важливу роль в такій схемі підключення відіграють датчики температури, тиску та аварійного режиму. Вони запобігають аварійним ситуація, підтримують задані температурні параметри та запобігають перегріву та розбалансуванню такої системи.

Автоматизоване керування обладнане датчиком зовнішнього повітря, який встановлюється на зовнішній стіні будівлі і має бути захищений від прямих сонячних променів.

Для забезпечення циркуляції теплоносія в системі передбачається встановлення циркуляційних насосів.

Стабілізація гідравлічного режиму на вводі теплової мережі здійснюється за допомогою регулятора перепаду тиск, який знижує надлишковий тиск.

Головною метою винаходу є підвищення надійності та гнучкості системи тепlopостачання, за рахунок автоматичного або ручного перемикання теплового потоку з основної будівлі на контур укриття у разі повітряної тривоги. Завдяки цьому забезпечувати мінімальні втрати теплової енергії, підтримувати стабільні параметри теплоносія, а також не збільшувати потужності на джерелі теплоти.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. БУДІВЛЯ ЯК ТЕПЛОВА ІНЕРЦІЙНА СИСТЕМА

4.1 Будівля – багатокомпонентна енергетична система

Згідно з [19] будівля є різновидом споруд. Вона є наземним об'ємом, простір всередині яких використовується людиною для задоволення потреб.

Кожна з будівель має в своєму складі такі складові елементи, які є взаємопов'язані між собою, а саме: фундаменти, несучі та огорожувальні конструкції, перекриття, дах, вікна, двері, перегородки, інженерні системи та інше.

Для підтримки та забезпечення комфортних умов для життя та діяльності людини необхідним елементом є тепла енергія.

Таким чином, будь-яка будівля є складною та унікальною системою. Вона характеризується певними властивостями, а саме: геометричними, фізичними, енергетичними та екологічними. У цій будівлі протікають складні та різноманітні процеси: поглинання, перетворення та перенесення теплової енергії.

У результаті розрахунків енергетичних показників будівлі включає в себе вивчення та врахування всіх цих характеристик.

З врахуванням сьогоденної екологічної та енергетичних ситуацій в світі досить важливу роль відіграє енергетична ефективність будівель. Особливо для будівель, які розташовуються в холодній та помірній кліматичних зонах. Вони споживають досить велику кількість теплової енергії і це є основною витратою на енергоресурси. З цього випливає, що важливість до енергозбереження та заощадження теплової енергії є більшою.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з [22] можна відокремити основні фактори, які мають вплив на енергетичні показники будівель:

- 1) Зовнішні кліматичні умови;
- 2) Оболонку та огороджувальні конструкції будівель;
- 3) Обладнання та енергетичні джерела, системи;
- 4) Експлуатація та технічне обслуговування будівель;
- 5) Життєдіяльність, поведінка та ставлення людей;
- 6) Забезпечення комфортних умов всередині будівель.

Будівля має здатність втрачати тепло в зимовий період року через огороджувальні конструкції через вплив таких чинників як: перепад температури повітря всередині та ззовні, сонячну радіацію та ін. У літній період року все відбувається навпаки і будівля отримує цю теплову енергію [3].

Втрати теплоти можуть бути спричинені інфільтрацією та ексфільтрацією повітря, що виникають через нещільності в огороджувальних конструкціях та пори в будівельних матеріалах. Також, перетікання повітря може спричинити ці втрати, під дією гравітаційних сил, вітру та перепадів тиску.

Атмосферні опади, виділення вологи в приміщеннях, різниця вологості внутрішнього та зовнішнього повітря в результаті призводять до просочення вологи через огороджувальні конструкції. У результаті цих процесів відбувається зволоження та накопичення вологи в матеріалах огороджувальних конструкцій і погіршення їх теплозахисних властивостей.

До процесів та компонентів, що відбуваються в будівлі, і визначають її енергетичну ефективність належать: системи опалення, вентиляції, кондиціонування, освітлення, джерела енергії та споживачі.

В основному показники енергетичної ефективності будівлі в зимовий період залежать від систем опалення та вентиляції, а в літній – від систем кондиціонування та вентиляції.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З урахуванням попередньої інформації, можна зробити висновок, що будівля функціонує не тільки як об'єкт, що споживає теплову енергію, а як динамічна система, яка має здатність до реагування на зміни в навколишньому середовищі; регулює енергетичні потоки та підтримує комфортні параметри мікроклімату. Тобто, такий підхід лежить в основі сучасних концепцій енергоефективного проектування та енергетичного менеджменту в будівництві.

Правильний та точний розрахунок для підвищення енергоефективності повинен базуватися на динамічній поведінці будівлі. А саме, взаємозв'язок між внутрішнім температурним режимом і чинниками, що на нього впливають.

Відповідно до вимог [4] будівлі необхідно проектувати так, щоб упродовж їхнього економічного і обґрунтованого терміну експлуатації, з дотриманням встановлених вимог для внутрішнього мікроклімату в приміщеннях та умов перебування та діяльності людей було забезпечено ефективно та раціональне використання енергетичних ресурсів під час роботи систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, гарячого водопостачання та освітлення.

Для забезпечення ефективної економії енергії та енергетичної ефективності необхідно виконувати такі заходи [4] :

- 1) Необхідно проектувати такі теплоізоляційні оболонки, щоб здійснювались теплові втрати через їхні елементи;
- 2) Застосування таких об'ємно-планувальних рішень, які дають змогу забезпечити зниження теплових витрат через теплоізоляційний шар та надходження від сонячної радіації;
- 3) Використання конструктивних рішень та обладнання, які надають можливість у застосуванні відновлювальних джерел енергії для потреб

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гарячого водопостачання та забезпечення потрібних параметрів внутрішнього повітря;

4) Влаштування регульованого повітрообміну за допустимими санітарними нормами;

5) Інженерне обладнання необхідно проектувати з врахуванням експлуатаційних режимів, вологісних режимів та технологічних процесів для кожного з об'єктів будівництва;

б) Теплоізоляційні елементи проектуються з урахування змін теплофізичних характеристик матеріалів в процесі експлуатації виробів.

Згідно з нормативних вимог [4] інженерні системи будівлі повинні спонукати до встановлення інтелектуальних систем обліку для нових будівель та після термомодернізації вже існуючих та влаштування систем автоматизації, контролю та керування.

Будівля є складною енергетичною системою, яка вивчається як комплекс зовнішніх параметрів повітря, інженерних систем, оболонки, енергетичних процесів та людини.

Зовнішні огорожувальні конструкції необхідні для захисту приміщень від несприятливих впливів кліматичних факторів. Проектування систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря сприяють підтримці нормованих параметрів мікроклімату в приміщеннях. Сукупність усіх цих інженерних систем та обладнання, які забезпечують необхідний режим в будівлі називають системою акліматизації будівлі.

Завдання забезпечення в приміщеннях будівлі заданого теплового режиму полягає в організації взаємодіючих і взаємопов'язаних теплових потоків у складній архітектурно-конструктивній системі, що включає різноманітні елементи огорожувальних конструкцій та інженерного обладнання. Кожен із цих елементів виконує функцію енергоносія та енергопередавача.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принциповою особливістю цієї системи є те, що будівля як єдина енергетична система не є простою сукупністю окремих елементів, а являє собою їхню інтегровану взаємодію, яка надає всій системі нових властивостей і якостей, відсутніх у кожного елемента окремо.

4.2 Теплова інерція будівлі

Поліпшення теплофізичних властивостей огорожувальних конструкцій будівлі є одним з головних питань на сьогоднішній день. Великий відсоток будівель вимагають досить великих витрат на систему опалення, бо будувались у період, коли були досить низькі ціни на енергоносії, занижені нормативні значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. Це все поєднувалось з прискоренням темпів на будівництво, якість будівельних матеріалів знижувалась. Через нестачу енергоресурсів та неможливості збільшення теплових потужностей для інженерних систем, виникла потреба у точному прогнозуванні та розрахунку теплового і вологісного станів огорожувальних конструкцій. Підвищення теплозахисту будівель призведе до економії паливно-енергетичних ресурсів.

Наукова дисципліна, що вивчає теплофізичні процеси (передачі тепла, перенесення вологи, фільтрації повітря) в будівельних конструкціях для забезпечення теплотехнічних вимог. Знання будівельної теплофізики необхідне в теперішніх умовах. Широко використовуються багатошарові конструкції, ефективні та нові теплоізоляційні матеріали, підвищились вимоги до рівня теплозахисту в будівлях. Ця наукова дисципліна розробляє методи для проведення розрахунків при створенні ефективних захисних конструкцій, враховуючи якості матеріалів (теплопровідність, вологість та щільність).

Одним з головних показників енергоефективності будівлі є її теплова інерція. Тобто, спроможність конструкції накопичувати та зберігати теплову

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергію. У результаті це призводить до стабільних умов мікроклімату всередині будівлі.

Висока величина теплової інерції призводить до зменшення коливань температури всередині приміщень. Особливо, це помітно при зміні параметрів зовнішнього повітря або якраз при регулюванні перепустками.

Для оцінки впливу теплової інерції на енергетичну поведінку будівлі, необхідно виконати теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій.

Головною метою цього розрахунку є визначення опору теплопередач зовнішніх стін, покрівлі, перекриттів і віконних елементів, а також можливість виявити потенційні втрати теплоти.

Отримані результати дають змогу перевірити дотримання нормативних вимог відповідних конструкцій та оцінити ефективність будівлі до здатності утримувати тепло, тобто її інерційні властивості з боку теплового режиму.

Отже, теплотехнічний розрахунок є основою для наступного аналізу теплової інерції та моделюванні температурних процесів у будівлі. Важливим етапом у формуванні загального енергетичного балансу в об'єкті та розробці заходів щоб підвищити його ефективності.

Приміщення будівель ізолюються від зовнішнього середовища огорожувальними конструкціями. При незмінному стаціонарному тепловому потоці кількість теплоти Q , що минає через один квадратний метр огорожувальної конструкції нормально до її поверхні за одиницю часу, визначається за рівнянням Фур'є, тобто теплопровідністю [3].

Формула для визначення кількості теплоти:

$$Q = -\lambda \frac{(t_{\text{зН}} - t_{\text{вН}})}{\delta} F \cdot \tau = \frac{\lambda}{\delta} (t_{\text{вН}} - t_{\text{зН}}) F \cdot \tau, \quad (4.1)$$

Де δ – товщина однорідної конструкції, м;

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{\text{зн}}, t_{\text{вн}}$ – показники внутрішньої та зовнішньої температури, °С;

λ – коефіцієнт теплопровідності, який показує яка кількість теплоти передається за одиницю часу через один метр квадратний плоскої стінки товщиною 1 м при різниці температур внутрішньої і зовнішньої поверхні [3].

Вимоги, які повинні дотримуватись елементами теплоізоляційної оболонки будівель і споруд, прописані в [12].

Є необхідним виконання таких умов, для зовнішніх стін будівель та споруд, які опалюються чи охолоджуються, для внутрішніх стін, що розділяють приміщення. Температура повітря в яких відрізнятиметься на 4 °С і більше [12].

$$R_{\Sigma\text{пр}} \geq R_{q\text{min}}, \quad (4.2)$$

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} \leq \Delta\theta_{\text{int-si,max}}, \quad (4.3)$$

$$\Delta\theta_{\text{tb,si,min}} > \Delta\theta_{\text{si,min}}, \quad (4.4)$$

де $R_{\Sigma\text{пр}}$ – приведений опір передачі теплоти непрозорій чи світлопрозорій огорожувальній конструкції, $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$ [15];

$R_{q\text{min}}$ – мінімально допустимий значення приведенного опору передачі теплоти непрозорій чи світлопрозорій огорожувальній конструкції, $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$ [12];

$\Delta\theta_{\text{int-si}}$ – різниця між температурами всередині приміщення та приведеної температури, яка становить на поверхні огорожувальній конструкції, °С [12];

$\Delta\theta_{\text{int-si,max}}$ – різниця між температурами всередині приміщення та приведеної температури, яка становить на поверхні огорожувальній конструкції, яка є допустимою за санітарно-гігієнічними нормами, °С [12];

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta\theta_{tb,si,min}$ – значення температури внутрішньої поверхні в зонах де є теплопровідні включення в огорожувальні конструкції, які є мінімальними, °С [12];

$\Delta\theta_{si,min}$ - значення температури на внутрішній поверхні при врахуванні розрахункових значень температур внутрішнього та зовнішнього повітря, яке є мінімально допустимим, °С [12].

Значення приведенного опору теплопередачі, яке є мінімально допустимим для огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель R_{qmin} залежать від температурної зони, в якій проектується та експлуатується будівля [12].

Згідно з [12], Україна розподіляється на дві температурні зони: I та II. Базою такого розподілу є середня добова температура найхолоднішого місяця та розрахункові температури опалювального періоду.

I зона охоплює регіонами, в яких спостерігаються найхолодніші зими. А саме: північні, центральні та західні регіони України. Тому ці регіони вимагають підвищених теплоізоляційних властивостей будівель.

II зона охоплює регіони, в яких зими не такі суворі, а навпаки м'якші. А саме: південні регіони та півострів Крим. Отже, і вимоги до пору теплопередачі трошки нижчі.

На рисунку 4.1 зображено карту України з поділом на температурні зони [12].

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



Рис. 4.1 Температурні зони України

Мінімально допустимі значення приведенного опору теплопередач огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель R_{qmin} наведено в таблиці 4.1 [12].

Таблиця 4.1 Мінімально допустимі значення приведенного опору теплопередач огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель R_{qmin}

	Тип огорожувальної конструкції	Значення R_{qmin} , $m^2 \cdot K/Wt$, для різних температурних зон	
		I	II
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщені покриття, які межують з зовнішнім повітрям	7,00	6,00

Продовження таблиці 4.1

3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалювальних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття, які межують з зовнішнім повітрям, та над неопалювальними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огороджувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

Допустиме значення різниці температури внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції за санітарно-гігієнічними вимогами $\Delta\theta_{int-si,max}$, визначається в залежності від призначення будівлі і типу огороджувальної конструкції [12].

Допустимі за санітарно-гігієнічними нормами різниця між температурами внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції за санітарно-гігієнічними вимогами $\Delta\theta_{int-si,max}$ наведено в таблиці 4.2.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 Допустимі за санітарно-гігієнічними нормами різниця між температурами внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції за санітарно-гігієнічними вимогами $\Delta\theta_{int-si,max}$

Призначення будівлі	Тип огороджувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні), світлопрозорі фасади	Перекриття та перекриття на неопалювальн ими горищами	Перекриття, які межують з зовнішнім повітрям, над неопалювальними підвалами, підлоги на ґрунті в опалювальних приміщеннях
Житлові будівлі, будівлі закладів дошкільної освіти, заклади освіти та заклади охорони здоров'я	4,0	3,0	2,0
Нежитлові будівлі, окрім вказаних вище, адміністративні та побутові, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5

Виробничі будівлі з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будівлі з вологим та мокрим режимом експлуатації	$\Delta\theta_{int} - \theta_D$	$0,8(\Delta\theta_{int} - \theta_D)$	
Виробничі будівлі з надлишками тепла	12	12	

У таблиці 4.3 наведено градацію вологісного режиму приміщень [12].

Таблиця 4.3 Градація вологісного режиму приміщень

Вологісний режим	Відносна вологість внутрішнього повітря φ_{int} , %, за температури внутрішнього повітря $\Delta\theta_{int}$, °C		
	$\Delta\theta_{int} \leq 12$	$12 < \Delta\theta_{int} \leq 24$	$\Delta\theta_{int} > 24$
Сухий	$\varphi_{int} < 60$	$\varphi_{int} < 50$	$\varphi_{int} < 40$
Нормальний	$60 \leq \varphi_{int} \leq 75$	$50 \leq \varphi_{int} \leq 60$	$40 \leq \varphi_{int} \leq 50$
Вологий	$75 < \varphi_{int}$	$60 \leq \varphi_{int} \leq 75$	$50 \leq \varphi_{int} \leq 60$
Мокрий	-	$75 < \varphi_{int}$	$60 < \varphi_{int}$

Також, у таблиці 4.4 наведено значення температури й відносної вологості внутрішнього повітря приміщень, які використовуються в теплотехнічних розрахунках.

Таблиця 4.4 Розрахункові значення температури й відносної вологості внутрішнього повітря приміщень (для теплотехнічних розрахунків)

Призначення будівлі	Розрахункові значення показників внутрішнього повітря	
	Температури $\Delta\theta_{int}, ^\circ\text{C}$	Відносної вологості $\varphi_{int}, \%$
Житлові, готелі	20	55
Заклади дошкільної освіти та охорони здоров'я	22	50
Спортивні заклади	18	50
Інші громадські будівлі та заклади	20	50

Під час проектування можна приймати значення розрахункових параметрів температури та вологості повітря з урахуванням положень відповідних будівельних норм за призначенням будівель.

Також, для житлових та громадських будівель є необхідним виконання такої вимоги:

- Теплостійкість непрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій в літній період року:

$$\Delta A_{\theta,si} \leq 1,5; \quad (4.5)$$

- Теплостійкість приміщень в зимовий період року:

$$\Delta A_{\theta,int} \leq 1,5, \quad (4.6)$$

Де $\Delta A_{\theta,si}$, $\Delta A_{\theta,int}$ – це амплітуда коливань, яка виникає при коливанні температури внутрішньої поверхні непрозорої огорожувальної конструкції, $^\circ\text{C}$; та амплітуда коливань, яка виникає при коливанні температури внутрішнього повітря, $^\circ\text{C}$. Розрахунок проводиться згідно до [15].

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплостійкість для поверхні підлоги у житлових приміщеннях житлових будівель, приміщень громадських будівель та приміщень з постійними робочими місцями в опалювальних приміщеннях промислових будівель необхідним є дотримання такої вимоги:

$$Y_f \leq Y_{f,max} \quad (4.7)$$

Де Y_f – показник теплозасвоєння поверхнею підлоги, Вт/(м²·К) [15];

$Y_{f,max}$ – значення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги, яке є максимально допустимим, Вт/(м²·К) [12].

Максимально допустиме значення теплозасвоєння поверхнею підлоги наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 Максимально допустиме значення теплозасвоєння поверхнею підлоги $Y_{f,max}$

Призначення будівлі	Значення $Y_{f,max}$, Вт/(м ² ·К)
Житлові будівлі, заклади дошкільної освіти, заклади освіти та заклади охорони здоров'я	12
Громадські будівлі, крім зазначених вище	14
Частини приміщень з постійними робочими місцями в опалювальних приміщеннях будівель промислового призначення, торговельних закладів	17

4.3 Вплив внутрішньої та зовнішньої температури повітря при регулюванні перепустками

Дослідження вплив внутрішньої температури в приміщення при регулюванні перепустками базується на вивченні зміни під час циклів увімкнення чи вимкнення системи опалення.

З огляду на [20] можна зробити висновки, що робота системи опалення при регулюванні перепустками залежить від температури зовнішнього повітря. Тобто, коли зовнішня температура повітря є дуже низькою, то можливість зміни режимів регулювання є досить обмеженою. І тоді система опалення повинна працювати майже на повну потужність, щоб була можливість підтримувати необхідну температуру в приміщенні.

Коливання виділення тепла і коливання температури внутрішнього повітря приміщення не мають суттєвого впливу на загальні витрати тепла. Вони залежать від середньої за температури внутрішнього повітря .

Якщо при регулюванні перепустками значення середньодобової температури внутрішнього повітря є рівним нормативному її значенню. Тобто, загальна витрата тепла є такою самою, як і під час безперервної віддачі тепла.

Одним з факторів можливої тривалої перерви в тепловіддачі та вимога щодо зниження температури внутрішнього повітря є вимога про невинпадання конденсату та внутрішніх поверхнях стін та покриття. При пониженні температури внутрішнього повітря, при умові, що вологовміст залишається незмінним, точка роси залишається постійною [20].

Регулювання перепустками є раціональним лише тоді, коли використовується автоматичне регулювання за часом та температурою. Це дозволяє економію енергії, при уникненні непотрібного завищення температури в опалювальних приміщеннях, і періодично знижувати температуру приміщення відповідно до певного періоду його використання.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З боку енергетичної ефективності, система опалення перепустками визначається економією енергетичних ресурсів з режимом цілодобового опалення. Результатом такої економії є причина зменшення температури в приміщенні у неробочі години та зменшення втрат тепла через огорожувальні конструкції.

4.4 Добовий цикл системи опалення та час остигання при регулюванні перепустками

Добовий цикл опалення перепустками найчастіше складається з 3-х етапів. Ранкового натопу до комфортної температури у приміщенні, робочого часу та вимкнення або зниження опалення у неробочий час.

Один з головних чинників ефективності системи опалення перепустками є ефективність натопу, під час якого досягається комфортна температура у приміщенні за мінімальний час та з мінімальною витратою енергетичних ресурсів.

При дослідженнях системи опалення перепустками досить суттєвий інтерес представляють визначення часу нагріву та остигання приміщень в залежності від встановленої потужності системи опалення, її виду та розподілення температури повітря та поверхонь в приміщенні.

Для прикладу дослідження та розрахунку системи опалення перепустками наведено роботу [18]. Метою даної роботи є визначення теоретичних залежностей та аналіз даних натурних експериментів щодо температурних режимів приміщення, які використовуються системами опалення дії перепустками. Також, визначення часу нагрівання та остигання приміщень від початкових до встановлених нормативних значень температури. Особливу роль виділено швидкості остигання будівлі та розподіленню температур.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення теоретичного часу під час якого відбудеться остигання будівлі в холодний період року при відключенні системи тепlopостачання при постійному опаленні та з врахуванням того, що температура всередині будівлі буде постійною та рівною значенню t , °С.

Будівля має досить велику кількість акумулюючих елементів, які здатні поглинати та віддавати тепло. До них належать: повітря всередині будівлі, внутрішні огороження, зовнішні огорожувальні конструкції, радіатори системи опалення, труби і арматура системи опалення та сам теплоносій-вода.

Розрахунок вихідного значення осередненої температури t_0 , °С, виконується за формулою:

$$t_0 = t_3 + \frac{Q_0}{C_p \Sigma} \quad (4.8)$$

Де t_3 – температура зовнішнього повітря, у даному дослідженні приймається постійною, °С;

Q_0 – теплота, що акумулюється елементами в будівлі під час роботи системи опалення, Дж;

$C_p \Sigma$ - сумарна ізобарна теплоємність будинку, Дж/°С;

Величина теплоти Q_0 , що акумулюється елементами в будівлі під час роботи системи опалення, визначається за формулою:

$$Q_0 = \sum_i C_{pi} (t_{0i} - t_3) \quad (4.9)$$

Де C_{pi} – це ізобарні теплоємності різних елементів будівлі, Дж/°С;

t_{0i} – вихідні температури різних елементів будівлі, °С.

$$C_{p\Sigma} = \sum_i C_{pi} \quad (4.10)$$

Де C_{pi} – це ізобарні теплоємності різних елементів будівлі, Дж/°С.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Темплоємність C_{pi} , яка входить до формул (4.9) та (4.10) враховується з коефіцієнтом 0,5. Причиною є те, що температура по їх товщині розподіляється близько від середньої температури будівлі до зовнішньої.

Теплота, що втрачається визначається за формулою:

$$\Delta Q_{\text{вт}} = \sum_i \frac{S_i}{R_i} (t - t_3) \Delta \tau \quad (4.11)$$

Де S_i – площі елементів огорожувальних конструкцій (стіни, вікна, перекриття під горищем та над підвалом), м²;

R_i – термічні опори відповідних елементів, (м²°C)/Вт;

$\Delta \tau$ – деякий невеликий проміжок часу, протягом якого t – не може змінитись, с.

Прирівнявши формули (4.9) та (4.11) отримаємо:

$$C_{p\Sigma} (t_{\text{кінц}} - t_{\text{поч}}) = \sum_i \frac{S_i}{R_i} (t - t_3) \Delta \tau \quad (4.12)$$

$$C_{p\Sigma} \frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \sum_i \frac{S_i}{R_i} (t_3 - t) \quad (4.13)$$

Припустимо, що $\Delta \tau \rightarrow 0$

$$t(\tau) = t_3 + (t_0 - t_3) \exp \left(- \frac{\sum_i \frac{S_i}{R_i}}{C_{p\Sigma}} \tau \right) \quad (4.14)$$

Отже, формула для знаходження часу остигання отримана з формули (4.14) і матиме вигляд:

$$\tau' = - \frac{C_{p\Sigma}}{\sum_i \frac{S_i}{R_i}} \ln \left(\frac{t' - t_3}{t_0 - t_3} \right) \quad (4.15)$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес остигання будівлі визначено для будівлі дошкільного навчального закладу, яка розглядається в розділі 5, після перемикання системи опалення з основної будівлі на захисну споруду.

Характеристики елементів будівлі наведено в таблиці 4.6

Таблиця 4.6 Характеристика елементів будівлі

Найменування	C_{pi} , Дж/(кг°С)	m_i , кг	t_{oi} , °С
Повітря в середині будівлі	1000	58400	20
Внутрішні огороження (стіни, перегородки)	1100	6800000	20
Зовнішні огороження (стіни, перекриття)	1100	6450000	20
Радіатори системи опалення	540	185000	70
Трубопроводи системи опалення	720	5800	70
Вода в системі опалення	4190	6100	700

Теплотехнічні характеристики елементів зовнішніх огорожень наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 Теплотехнічні характеристики елементів зовнішніх огорожень

Найменування	S_i , м ²	R_i , (м ² °С)/Вт
Зовнішні стіни	420	3,45
Світлопрозорі конструкції (вікна)	950	0,99

Продовження таблиці 4.7

Перекриття над підвалом	1280	2,10
Горищне перекриття	1560	4,05

Необхідно визначити час, під час якого відбувається зниження розрахункової температури будівлі при температурі зовнішнього повітря 0 °С, -10 °С, -20 °С, -22 °С.

Щоб визначити середню вихідну температуру t_0 використаємо формулу (4.8) та (4.10).

$$C_{p\Sigma} = 1000 \cdot 58400 + 1100 \cdot 6800000 + 1100 \cdot 6450000 + 540 \cdot 185000 + 720 \cdot 5800 + 4190 \cdot 6100 = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ Дж/}^\circ\text{C}$$

За формулою (4.8) визначимо усереднене значення температури t_0 , °С:

$$t_0 = \frac{(5,84 \cdot 10^7 + 7,5 \cdot 10^9 + 7,1 \cdot 10^9) \cdot 20 + (10,0 \cdot 10^7 + 4,2 \cdot 10^6 + 2,6 \cdot 10^7) \cdot 70}{1,5 \cdot 10^{10}} = 20,15 \text{ }^\circ\text{C.}$$

На рисунку 4.2 зображено графік теоретичного розрахунку динаміки під час якого відбувається остигання будівлі в часі. Графіки побудовані на основі розрахунків за формулою (4.15) для чотирьох значень температури зовнішнього повітря.

Використавши формулу (4.15) та таблицю 4.7, отримаємо $\tau' = 5$ діб.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

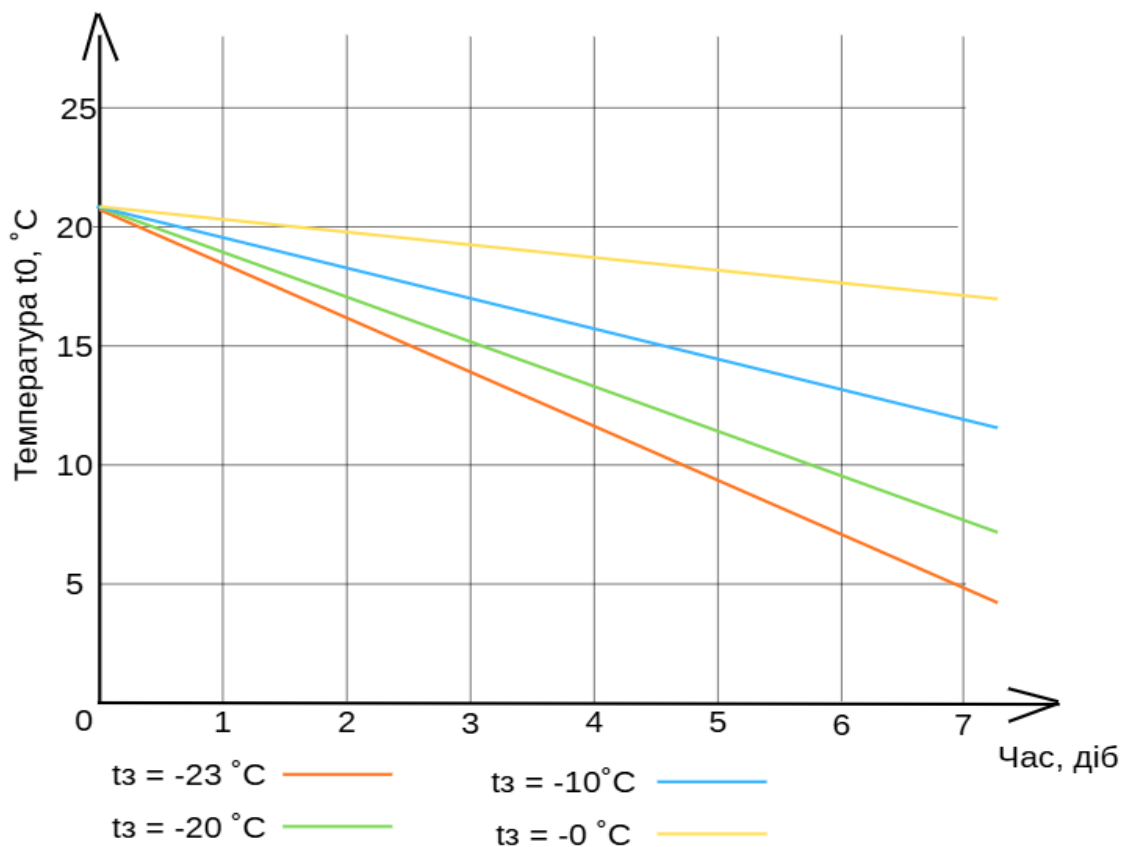


Рис. 4.2 Графік теоретичного розрахунку динаміки остигання будівлі в часі

Під час теоретичного розрахунку значення часу під час якого відбувається охолодження будівлі, наведені розрахунки виконувались за усередненою температурою будівлі. Різниця швидкості охолодження повітря всередині будівлі та огорожувальних конструкціях внаслідок різниці в процесах теплообміну та теплотехнічних властивостей не враховувались під час розрахунку. Зокрема, вплив площі та кількості світлопрозорих огорожувальних конструкцій не враховувався на швидкість остигання; поверховість будівлі в залежності від їх висотного положення, орієнтації по сторонах світу.

Під час припинення подачі тепла приміщення починає поступово остигати. Відбувається це в декілька етапів, перше поступово знижується температура повітря в приміщенні, досягається осереднена температура

поверхонь. Наступним етапом є те що температура у всіх точках починає знижуватись однаково. Найбільші втрати тепла відбуваються через вікна.

Можна зробити висновок, що теоретичний розрахунок не дозволяє точно відстежити час охолодження будівлі. Для точних даних необхідно проводи експериментальне дослідження.

4.5 Динамічна модель для дослідження теплового стану та енергетичних показників приміщення

Дослідження ефективного використання регулювання перепустками було проведено для приміщення дошкільного закладу, який знаходиться у місті Вишневе Київської області.

Приміщення має такі геометричні розміри 6,2 x 3,1 м. Зовнішня стіна довжиною 3,1 м, дві внутрішні стіни довжиною 6,2 м. Три внутрішні стіни межують з іншими кімнатами, що мають схожі температурні параметри. Зовнішні стіни зведені з керамічної цегли товщиною 0,51 м, вони утеплені мінераловатними плитами 0,15 м. Також, в даному приміщенні є вікно розміром шириною 2,2 м і висотою 1,5 м.

Було розроблено CFD- модель даного приміщення, яку показано на рисунку 4.3.

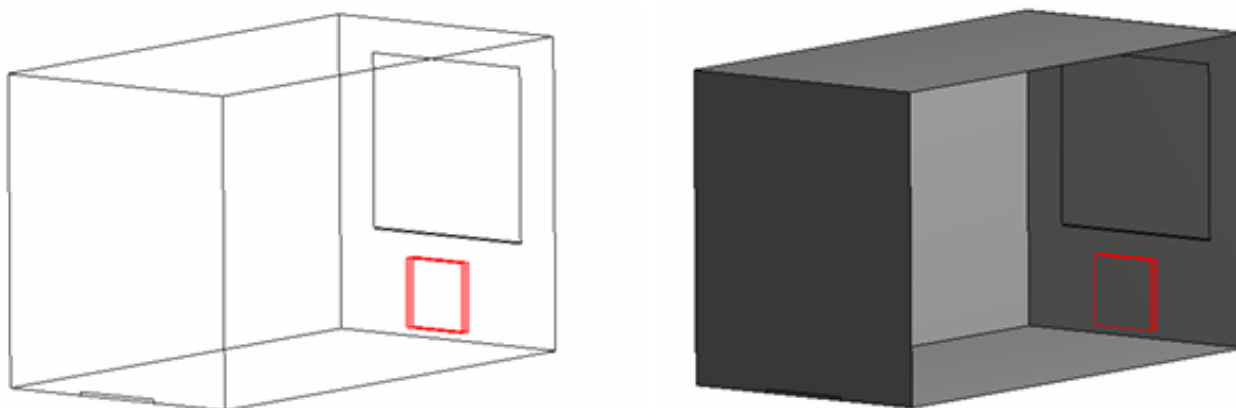


Рис. 4.3 CFD- модель досліджуваного приміщення

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Внутрішня температура в кімнаті задана 22 °С, тоді як зовнішня температура згідно з [14] становить -22 °С.

Також, побудовано розрахункову сітку моделі даного приміщення. Вона складається з 676144 вузлів та 637297 елементів. Дану сітку зображено на рисунку 4.4.

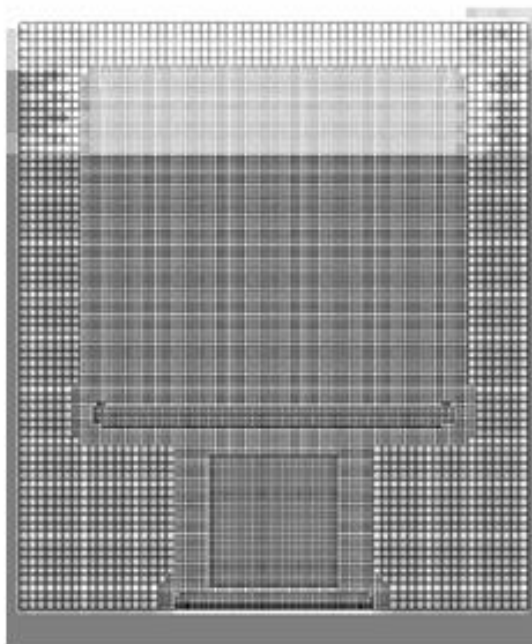


Рис. 4.4 Розрахункова сітка досліджуваного приміщення

Опалення в даному приміщенні забезпечуються опалювальним приладом – сталевим радіатором, який влаштовано на відстані 0,1 м від зовнішньої стіни. Габаритні розміри радіатора: довжина 1600 мм, висота 500 мм та глибиною 100 мм. Радіатор підбрано так, щоб забезпечити задану внутрішню температуру в приміщенні. Щоб мати змогу врахувати акумулюючу здатність радіатора, його теплотехнічні властивості було задано як середньомасові для сталі та води.

Також, було задано середні значення теплофізичних властивостей для всіх огорожувальних конструкцій. З урахуванням товщини кожного шару.

Характеристики гомогенних еквівалентних поверхонь наведено в таблиці 4.8.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.8 Характеристики гомогенних еквівалентних поверхонь

Тип конструкції	Товщина, м	Густина, кг/м ³	Теплоємність, Дж/(кг·К)	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)
Зовнішня стіна	0,70	1430	840	0,175
Внутрішня стіна	0,28	1800	840	0,82
Підлога	0,46	1376	893	0,087
Стеля	0,48	276	1529	0,0585
Вікно	0,038	1000	450	0,0483
Радіатор	0,0025	7007	946	55,17

Для того щоб мати змогу врахувати теплоінерційні властивості конструкцій між зовнішніми поверхнями стін і вікон та середовищем було введено конвективний теплообмін ($t_{\text{зовн}} = -22 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{вн}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\alpha_{\text{зовн}} = 23 \text{ (Вт/(м}^2\cdot\text{К))}$, $\alpha_{\text{вн}} = 23 \text{ (Вт/(м}^2\cdot\text{К))}$).

На рисунку 4.5 зображено баланс втрат та надходжень теплоти в та з приміщення.

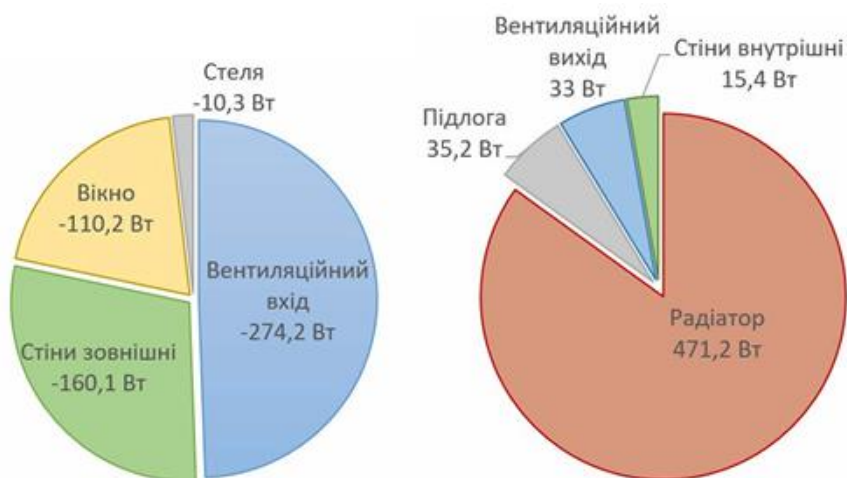


Рис. 4.5 Баланс тепловтрат та надходжень теплоти в приміщення

Для заданих характеристик опалювального приладу температура поверхні радіатора було підібрана на рівні 51 °С.

Для моделювання було обрано геометричні характеристики обчислювальної області. Також, було обрано часовий крок у 60 секунд.

На рисунку 4.6 зображено модель нестационарних режимів охолодження та нагрівання приміщення.

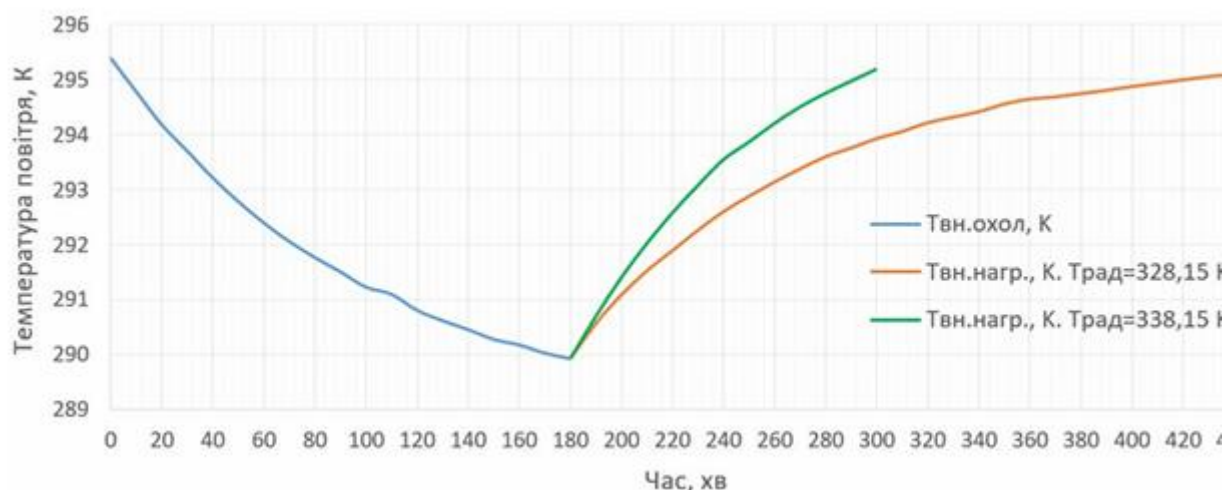


Рис. 4.6 Модель нестационарних режимів охолодження та нагрівання приміщення

Щоб дослідити процес охолодження приміщення опалювальний прилад було вимкнено. І за 180 хв температура знизилась на 5,5 °С. Перші 60 хвилин усереднена за площею температура внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій приміщення та опалювального приладу є нижчою за температуру внутрішнього об'єму приміщення, але під час процесу охолодження ситуація змінюється на протилежну.

У джерелі [23] представлено один із перших методів, що дозволяє визначити загальні втрати теплоти підсистемі тепловіддачі/тепловиділення за формулою:

$$Q_{H,em,is} = \left(\frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) Q_{H,em,out}, \quad (4.16)$$

Де $Q_{H,em,out}$ - енергія виходу від підсистем віддачі чи виділення теплоти (тобто потреба для опалення в обраний період часу), кВт·год;

f_{hydr} – коефіцієнт, який залежить від гідравлічного налагодження системи опалення;

f_{im} – коефіцієнт, який враховує наявні зміни теплового режиму у приміщенні, для постійного теплового режиму $f_{im}=1$;

f_{rad} – коефіцієнт, який включає променеву складову теплового потоку і використовується лише для променевих систем опалення;

η_{em} – загальна ефективність тепловіддавальної складової системи опалення приміщення, і визначається за формулою:

$$\eta_{em} = \frac{1}{[1 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})]}, \quad (4.17)$$

Де η_{ctr} – складова загальної ефективності, що відповідає за регулювання внутрішньої температури у тепловіддвальній складовій системи опалення в приміщенні;

η_{emb} – складова загальної ефективності, що відповідає за тепловтрати за рахунок вбудованих в огороджувальні конструкції опалювальних приладів;

η_{str} – складова загальної ефективності, що відповідає за вертикальний профіль розподілення температури повітря в приміщенні, і визначається за формулою:

$$\eta_{str} = \frac{\eta_{str1} + \eta_{str2}}{2}, \quad (4.17)$$

Де η_{str1} – коефіцієнт, який враховує вплив температурного напору;

η_{str2} – коефіцієнт, який враховує питомі втрати теплоти через зовнішні огороджувальні конструкції.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У таблиці 4.9 приведено коефіцієнти для приміщень, які мають висоту до 4 м з радіаторною системою віддачі теплоти.

Таблиця 4.9 Ефективність системи віддачі теплоти з радіаторами для приміщення висотою до 4 м

Впливовий фактор		Складові загальної ефективності			
		η_{str1}	η_{str2}	η_{ctr}	η_{emb}
Регулювання температури повітря в приміщенні	Відсутнє			0,86	
	За усередненої температури повітря приміщень будівлі			0,88	
	П-регулювання (2 К)			0,93	
	П-регулювання (1 К)			0,95	
	ПІ-регулювання			0,97	
	ПІ-регулювання з оптимізацією (напр. диспетчеризацією)			0,99	
Температурний напір (при внутрішній температурі повітря 20°C)	60 К (наприклад, 90/70)	0,88			
	42,5 К (наприклад, 70/55)	0,93			
	30 К (наприклад, 55/45)	0,95			
Специфічні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції	Радіатор встановлено біля внутрішньої стіни		0,87		1
	Радіатор встановлено біля зовнішньої стіни:				
	- вікно без радіаційного захисту;		0,83		1
	- вікно з радіаційним захистом;		0,88		1
	- звичайна стіна.		0,95		1

Існує припущення, що температура в робочій зоні та внутрішня середньооб'ємна є однакові та мають рівномірний розподіл у приміщенні. З цього випливає необхідність у врахуванні додаткових втрат теплової енергії, що спричинені неоднорідність розподілу внутрішньої температури, які виникають через температурну стратифікацію, радіацію та конвекцію від систем віддачі теплоти іншими поверхнями.

На основі модулі приміщення, досліджено коефіцієнти, що відповідають за вертикальний профіль розподілу температури повітря. Внутрішня температура становить 22 °С, тому температурний напір дорівнює 29 К. Радіатор, який встановлюється під вікном є без радіаційного захисту. За розрахункову температуру було прийнято температуру в робочій зоні 1,2 м і

на відстані 2 м від огороження. Ця температура становить $t_{\text{роб.з.}} = 296,047 \text{ K}$ при температурі поверхні радіатора $t_{\text{рад.}} = 324,15 \text{ K}$.

На рисунках 4.7 та 4.8 представлено об'ємну візуалізацію розподілу внутрішньої температури та швидкості повітря у кімнаті за заданих умов.

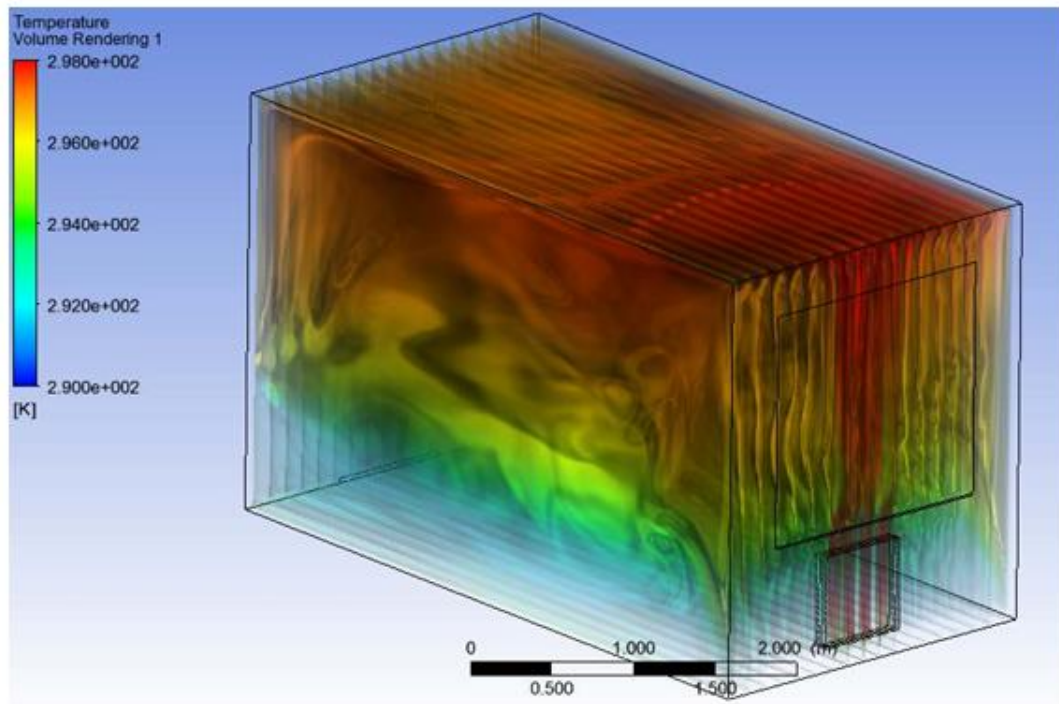


Рис. 4.7 Об'ємна візуалізація розподілу температур у кімнаті

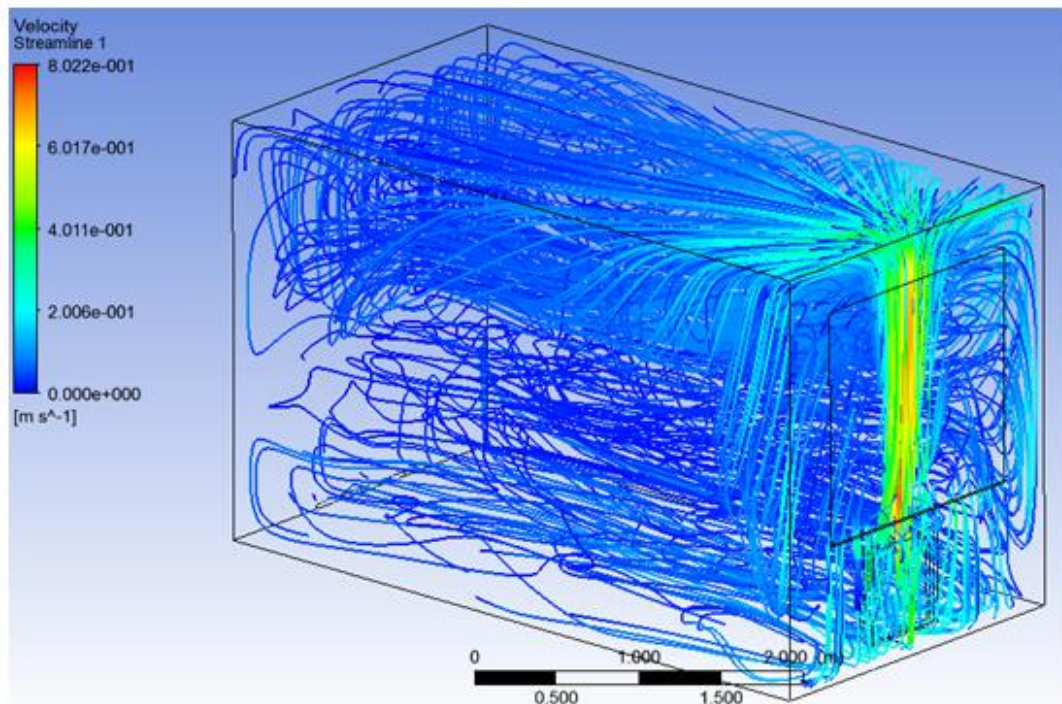


Рис. 4.8 Об'ємна візуалізація траєкторій та швидкості руху повітря у приміщенні

Розподілення температури по висоті на відстані 2 м від огороження зображено на рисунку 4.9.

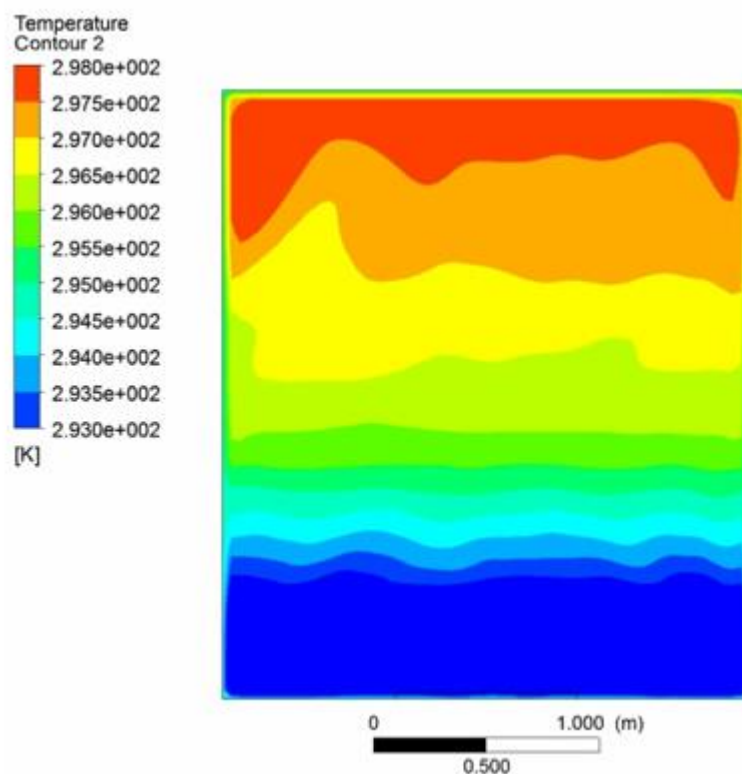


Рис. 4.9 Розподіл температури по висоті на відстані 2 м від огороження

Розподілення внутрішньої температури на горизонтальній поверхні досліджено для висоти 1 м, 1,2 м та 1,4 м від рівня підлоги. І зображені на рисунках 4.10, 4.11 та 4.12.

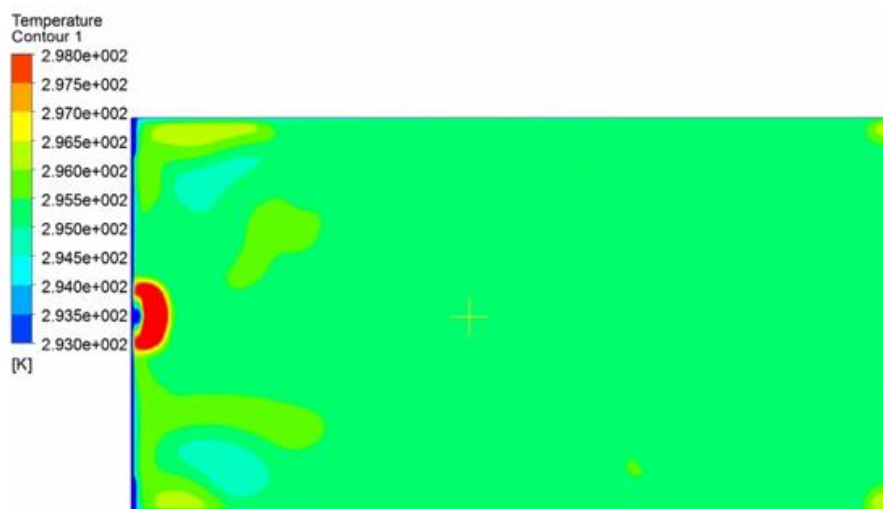


Рис. 4.10 Розподілення внутрішньої температури на горизонтальній поверхні для висоти 1 м

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

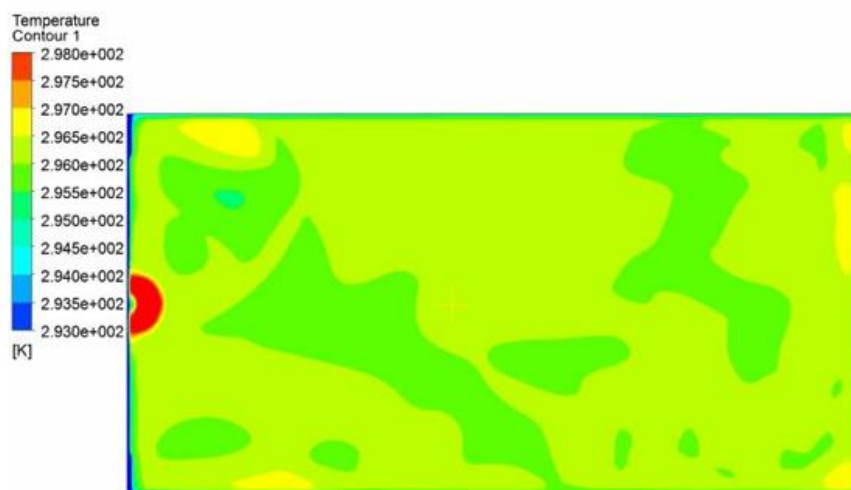


Рис. 4.10 Розподілення внутрішньої температури на горизонтальній поверхні для висоти 1,2 м



Рис. 4.10 Розподілення внутрішньої температури на горизонтальній поверхні для висоти 1,4 м

Отже, при розрахунку тепловтрат в підсистемі віддачі теплоти за наведеною вище методикою, вищий температурний напір призводить до збільшення втрат теплоти в даній підсистемі. І як результат збільшення загального енергоспоживання.

РОЗДІЛ 5. ПРОЄКТ БУДІВЛІ ТА РОЗРАХУНКО ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

5.1 Загальна характеристика будівлі

Об'єктом дослідження та проектування є заклад дошкільної освіти, який розташований в місті Вишневе, Київської області.

Будівля складається з двох поверхів та має підвальне приміщення, в якому розташовується споруда цивільного захисту.



Рис. 5.1 Зовнішній вигляд будівлі

Кліматичні дані

Місто Вишневе розташоване в I кліматичній зоні. Клімат є помірно-континентальним з досить теплим літом і помірно-холодною зимою.

Місто Вишневе належить до Київського кліматичного району, тому для розрахунку використовуються дані для м. Києва (як найближчого та базового пункту з аналогічними кліматичними параметрами).

Згідно з [14] середня температура найхолоднішого місяця зимового періоду - січня складає $-4,7^{\circ}\text{C}$, а найтеплішого місяця – липня $19,8^{\circ}\text{C}$. Середня температура за рік становить $8,0^{\circ}\text{C}$.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість опалювального періоду у місті Вишневе при переході ≤ 8 °С становить 176 діб, і середня температура - 0,1 °С.. Початок опалювального періоду при переході ≤ 8 °С – 17 жовтня, а кінець – 11 квітня.

У таблиці 5.1 наведені значення середньомісячних температур для міста Вишневе згідно [14].

Таблиця 5.1 Значення середньомісячних температур для міста Вишневого

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Вишневе	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5

Для розрахунку системи опалення – середня температура найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 становить -22 °С;

Для розрахунку системи вентиляції – середня температура найжаркішої п'ятиденки забезпеченістю 0.95 становить +28 °С;

Середня температура опалювального періоду становить -0,1 °С;

Тривалість опалювального періоду 176 діб.

5.2 Розрахунок систем опалення та вентиляції

5.2.1 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Розрахунок та перевірка конструкцій на відповідність вимогам [12] здійснюється за допомогою веб-програми CadEE.pro.

У будівлі дошкільного закладу виконуються заходи щодо модернізації, утеплення зовнішніх стін та горища, заміна вікон.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як теплова ефективність будівлі визначається не одним елементом, а цілим комплексом огорожувальних конструкцій, виникає необхідність дослідити їх окремо, а також оцінити їх взаємодію. Тому в роботі послідовно розглянуто всі основні огорожувальні елементи будівлі закладу дошкільної освіти.

Конструктивні рішення будівлі та її елементів

Конструкція зовнішньої стіни будівлі

Опис конструкції: загальна товщина конструкції складає $\delta=700$ мм. Конструкція має у складі 4 шари:

- Шар №1 – Розчин цементно-піщаний товщиною $\delta=20$ мм;
- Шар №2 – Кладка з повнотілої керамічної цегли товщиною $\delta=510$ мм та густиною $\rho=1800$ кг/м³;
- Шар №3 - Мінеральна вата на основі базальтового волокна товщиною $\delta=150$ мм та густиною $\rho=75$ кг/м³;
- Шар №4 - Розчин цементно-піщаний товщиною $\delta=20$ мм.

На рисунку 5.2 зображено розріз огорожувальної конструкції.

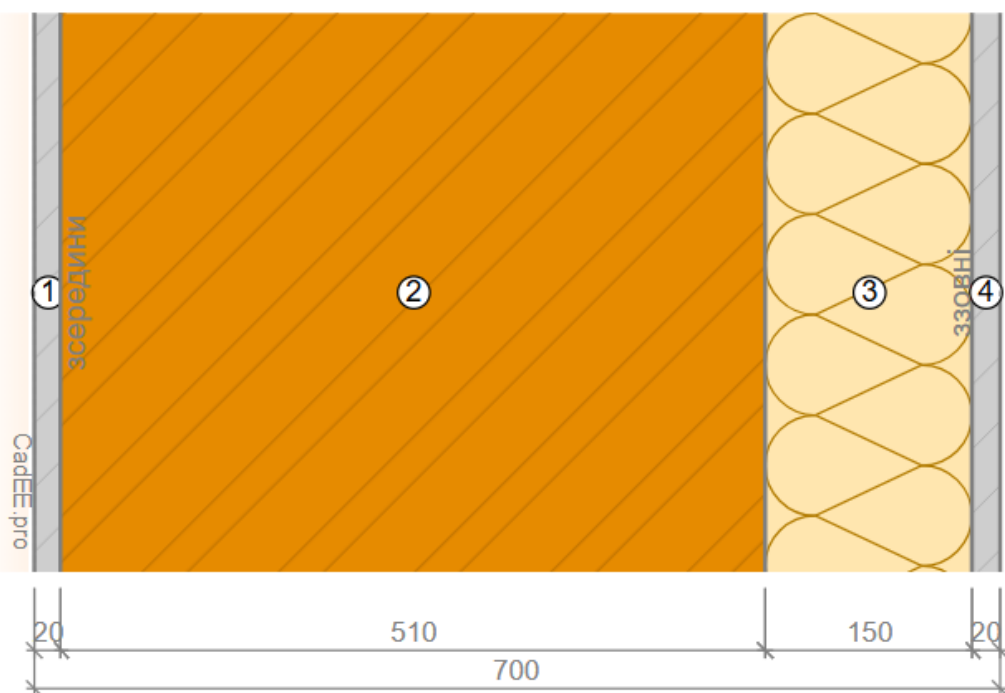


Рис. 5.2 Розріз огорожувальної конструкції

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вологісні умови експлуатації матеріалів огорожувальної конструкції визначено згідно додатку Б [12].

Призначення будівлі – будівля дошкільних навчальних закладів, для якої згідно з таблицею Б.2 [12] розрахункові значення температури і вологості приміщень $t_{int} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_{int} = 50 \%$. Вологісний режим приміщень приймаємо згідно з таблиці Б.1 [15] - нормальний, а також враховуючи, що конструкція зовнішня, то умови експлуатації згідно з таблиці Б.3 [12] - Б.

Розрахункові характеристики матеріалів конструкції визначено згідно з додатком А [13] і наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 Розрахункові характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина, (м)	Теплопровідність λ , Вт/(м ² К)
1	Розчин цементно-піщаний	0.02	0.93
2	Кладка з цегли керамічної повнотілої звичайної на ц/п розчині $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$	0.51	0.81
3	Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=75 \text{ кг/м}^3$	0.15	0.047
4	Розчин цементно-піщаний	0.02	0.93

Коефіцієнти тепловіддачі визначаємо згідно з таблицею Б додатку Б [13]. Для конструкції типу - стіна, розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$\alpha_{вн} = 8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad \alpha_3 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно формули:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_3}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad (5.1)$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді за формулою (5.1) опір теплопередачі становить:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,15}{0,047} + \frac{0,02}{0,3} + \frac{1}{23} = 4,02 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Можна зробити висновок, що отриманий результат коефіцієнта опору передачі задовольняє вимогу згідно з [12]:

$$R_{\Sigma} = 4,02 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Перевіряємо виконання другої вимоги: $\Delta\theta_{int-si} \leq \Delta\theta_{int-si,max}$

$$\Delta\theta_{int-si} = \frac{t_{\text{вн}} - t_3}{R_{\Sigma} \cdot \alpha_{\text{вн}}}, \quad (5.2)$$

де $t_{\text{вн}}$ – внутрішня температура в приміщенні, °С;

t_3 – зовнішня температура в приміщенні, °С.

$$\Delta\theta_{int-si} = \frac{20 - (-22)}{4,02 \cdot 8,7} = 1,26 \text{ °С}$$

$\Delta\theta_{int-si} = 1,26 \text{ °С} < \Delta\theta_{int-si,max} = 4 \text{ °С}$ – умова виконується.

Конструкція зовнішньої стіни укриття

Опис конструкції: загальна товщина конструкції складає $\delta=700$ мм.

Конструкція має у складі 4 шари:

- Шар №1 – Розчин цементно-піщаний товщиною $\delta=20$ мм;
- Шар №2 – Залізобетон товщиною $\delta=400$ мм та густиною $\rho=2500$ кг/м³;
- Шар №3 – ЕППС (екструдований пінополістирол) товщиною $\delta=150$ мм та густиною $\rho=30$ кг/м³;

На рисунку 5.3 зображено розріз огорожувальної конструкції.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

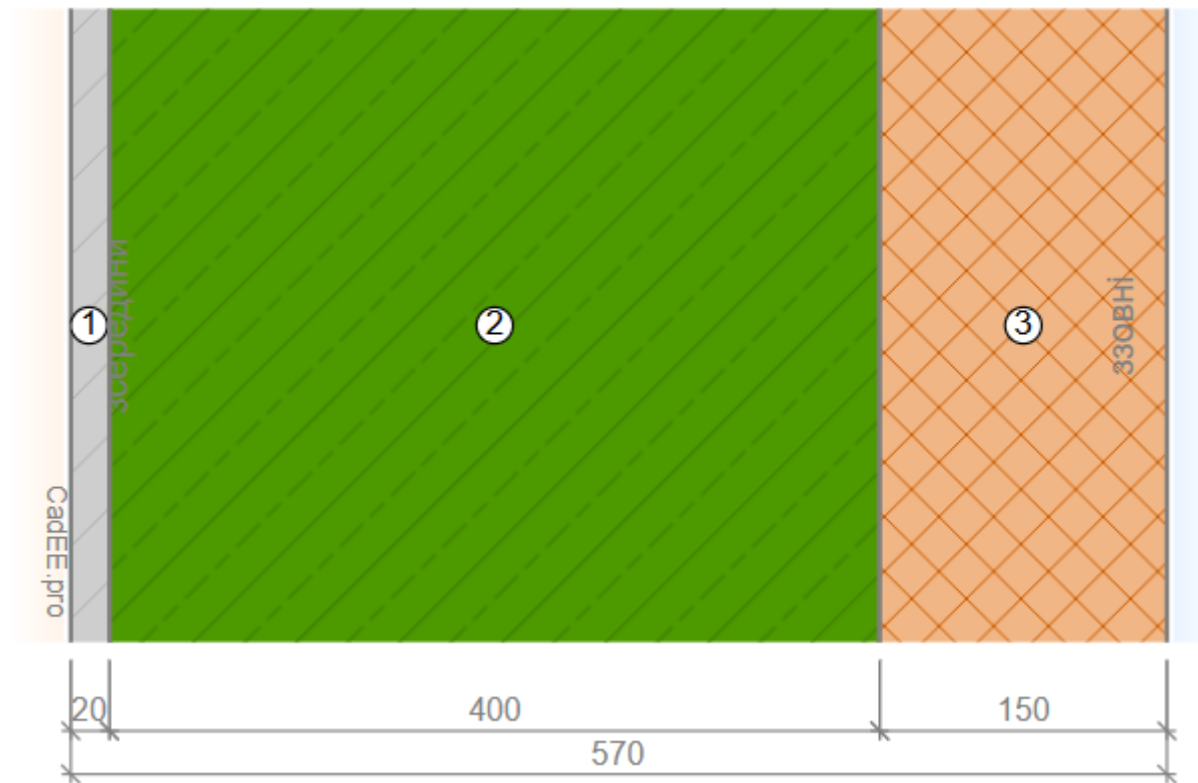


Рис. 5.3 Розріз огорожувальної конструкції

Вологісні умови експлуатації матеріалів огорожувальної конструкції визначено згідно додатку Б [12].

Призначення будівлі – будівля дошкільних навчальних закладів, для якої згідно з таблицею Б.2 [12] розрахункові значення температури і вологості приміщень $t_{int} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_{int} = 50 \text{ \%}$. Вологісний режим приміщень приймаємо згідно з таблиці Б.1 [12] - нормальний, а також враховуючи, що конструкція зовнішня, то умови експлуатації згідно з таблиці Б.3 [12] - Б.

Розрахункові характеристики матеріалів конструкції визначено згідно з додатком А [13] і наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 Розрахункові характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина, (м)	Теплопровідність λ , Вт/(м ² К)
1	Розчин цементно-піщаний	0.02	0.93
2	Залізобетон	0.4	2.04
3	ЕППС	0.15	0.036

Коефіцієнти тепловіддачі визначаємо згідно з таблицею Б додатку Б [13]. Для конструкції типу - стіна, розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad \alpha_{\text{з}} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно формули (5.1):

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,4}{2,04} + \frac{0,15}{0,036} + \frac{1}{23} = 4,54 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Можна зробити висновок, що отриманий результат коефіцієнта опору передачі задовольняє вимогу згідно з [12]:

$$R_{\Sigma} = 4,54 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Перевіряємо виконання другої вимоги: $\Delta\theta_{\text{int-si}} \leq \Delta\theta_{\text{int-si,max}}$:

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} = \frac{20 - (-22)}{4,54 \cdot 8,7} = 1,11 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} = 1,11 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta\theta_{\text{int-si,max}} = 4 \text{ }^\circ\text{C} - \text{умова виконується.}$$

Конструкція горючого перекриття

Опис конструкції: загальна товщина конструкції складає $\delta=483$ мм. Конструкція має у складі 4 шари:

- Шар №1 – Лист гіпсокартонний товщиною $\delta=13$ мм та густиною $\rho=800$ кг/м³;
- Шар №2 – Сосна та ялина вздовж волокон товщиною $\delta=200$ мм та густиною $\rho=500$ кг/м³;
- Шар №3 - Мінеральна вата на основі базальтового волокна товщиною $\delta=250$ мм та густиною $\rho=75$ кг/м³;
- Шар №4 – Плити деревоволокнисті товщиною $\delta=20$ мм та густиною $\rho=200$ кг/м³.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 5.4 зображено розріз огорожувальної конструкції.

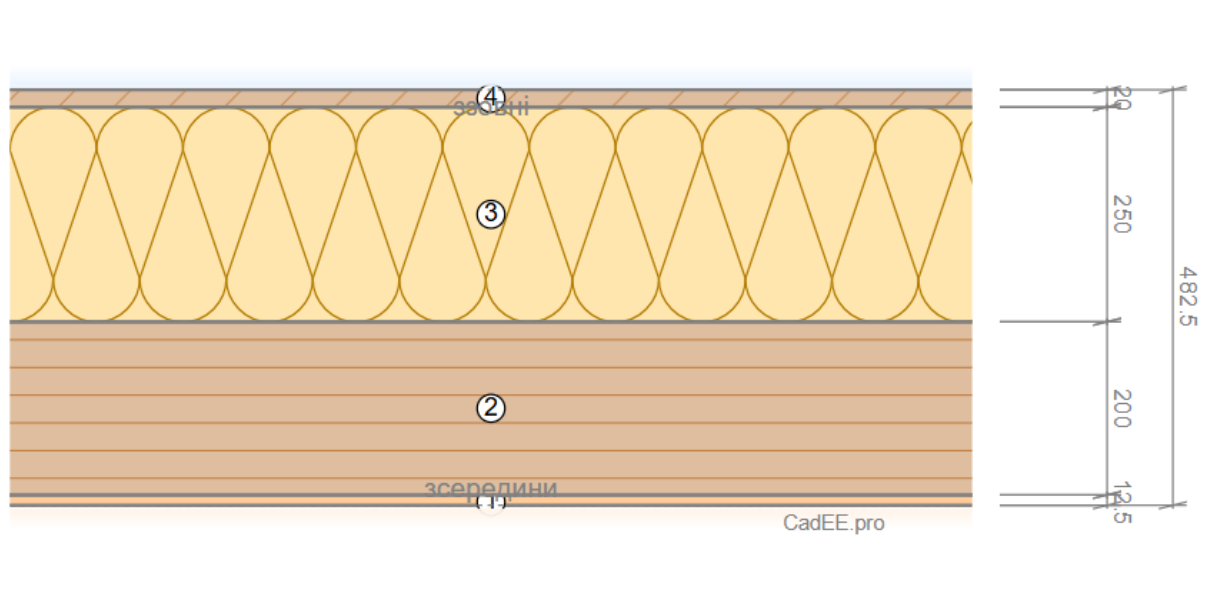


Рис. 5.4 Розріз огорожувальної конструкції

Вологісні умови експлуатації матеріалів огорожувальної конструкції визначено згідно додатку Б [12].

Призначення будівлі – будівля дошкільних навчальних закладів, для якої згідно з таблицею Б.2 [12] розрахункові значення температури і вологості приміщень $t_{int} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_{int} = 50 \text{ \%}$. Вологісний режим приміщень приймаємо згідно з таблиці Б.1 [12] - нормальний, а також враховуючи, що конструкція зовнішня, то умови експлуатації згідно з таблиці Б.3 [12] - Б.

Розрахункові характеристики матеріалів конструкції визначено згідно з додатком А [] і наведені в таблиці 5.4.3

Таблиця 5.4 Розрахункові характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина, (м)	Теплопровідність λ , Вт/(м ² К)
1	Листи гіпсокартонні $\rho=800$ кг/м ³	0.0125	0.21
2	Сосна та ялина вздовж волокон $\rho=500$ кг/м ³	0.2	0.35
3	Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=75$ кг/м ³	0.25	0.047
4	Плити деревноволокнисті та деревностружкові $\rho=200$ кг/м ³	0.02	0.08

Коефіцієнти тепловіддачі визначаємо згідно з таблицею Б додатку Б [13]. Для конструкції типу - горищне перекриття, розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$\alpha_{\text{вн}} = 10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad \alpha_{\text{з}} = 6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно формули (5.1):

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{10} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,25}{0,05} + \frac{0,02}{0,047} + \frac{0,02}{0,08} + \frac{1}{6} = 6,48 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Можна зробити висновок, що отриманий результат коефіцієнта опору передачі не задовольняє вимогу згідно з [12]:

$$R_{\Sigma} = 6,48 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Перевіряємо виконання другої вимоги: $\Delta\theta_{\text{int-si}} \leq \Delta\theta_{\text{int-si,max}}$:

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} = \frac{20 - (-22)}{6,84 \cdot 10} = 0,64 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} = 1,11 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta\theta_{\text{int-si,max}} = 3 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ – умова виконується.}$$

Конструкція перекриття над неопалювальним підвалом

Опис конструкції: загальна товщина конструкції складає $\delta=424$ мм. Конструкція має у складі 4 шари:

- Шар №1 – Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові товщиною $\delta=20$ мм та густиною $\rho=1600$ кг/м³;
- Шар №2 – Розчин цементно піщаний товщиною $\delta=20$ мм та густиною $\rho=1800$ кг/м³;
- Шар №3 – Мінеральна вата на основі базальтового волокна товщиною $\delta=200$ мм та густиною $\rho=75$ кг/м³;
- Шар №4 – Залізобетон товщиною $\delta=220$ мм та густиною $\rho=2500$ кг/м³.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 5.5 зображено розріз огорожувальної конструкції.

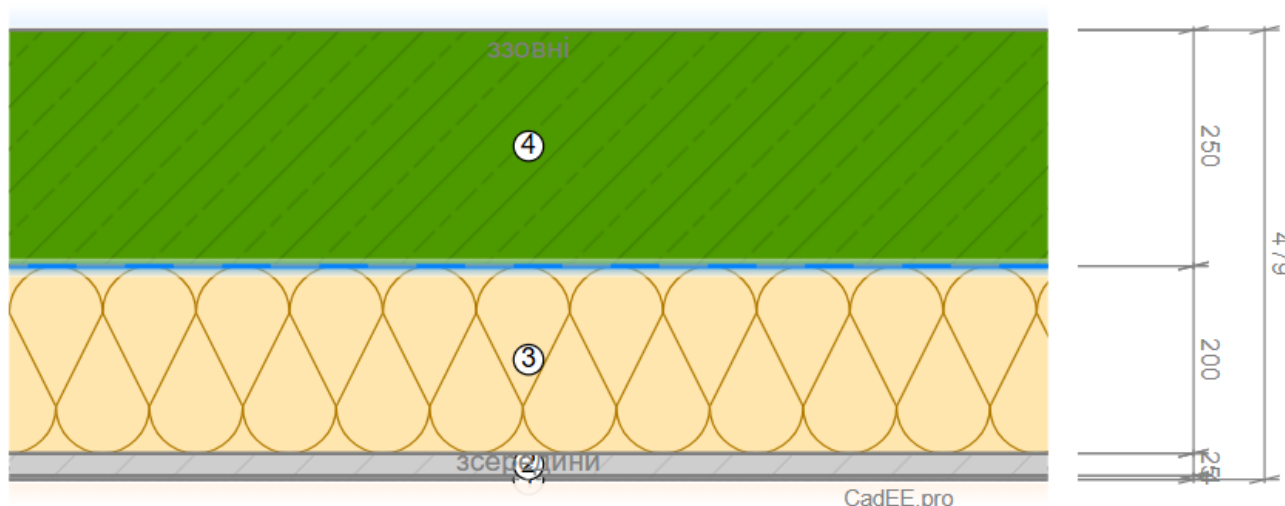


Рис. 5.5 Розріз огорожувальної конструкції

Вологісні умови експлуатації матеріалів огорожувальної конструкції визначено згідно додатку Б [12].

Призначення будівлі – будівля дошкільних навчальних закладів, для якої згідно з таблицею Б.2 [12] розрахункові значення температури і вологості приміщень $t_{int} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_{int} = 50 \text{ \%}$. Вологісний режим приміщень приймаємо згідно з таблиці Б.1 [12] - нормальний, а також враховуючи, що конструкція зовнішня, то умови експлуатації згідно з таблиці Б.3 [12] - Б.

Розрахункові характеристики матеріалів конструкції визначено згідно з додатком А [13] і наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 Розрахункові характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина, (м)	Теплопровідність λ , Вт/(м ² К)
1	Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$	0.002	0.33
2	Розчин цементно-піщаний	0.02	0.93
3	Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=75 \text{ кг/м}^3$	0.2	0.047
4	Залізобетон	0.25	2.04

Коефіцієнти тепловіддачі визначаємо згідно з таблицею Б додатку Б [13]. Для конструкції типу – перекриття над неопалювальним підвалом, розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$\alpha_{вн} = 5,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad \alpha_3 = 6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно формули (5.1):

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{5,9} + \frac{0,002}{0,33} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,047}{0,15} + \frac{0,25}{2,04} + \frac{1}{6} = 4,68 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Можна зробити висновок, що отриманий результат коефіцієнта опору передачі не задовольняє вимогу згідно з [12]:

$$R_{\Sigma} = 4,68 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q \text{ min}} = 5,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Перевіряємо виконання другої вимоги: $\Delta\theta_{int-si} \leq \Delta\theta_{int-si,max}$:

$$\Delta\theta_{int-si} = \frac{20 - (-22)}{4,68 \cdot 5,9} = 0,64 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta_{int-si} = 1,59 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta\theta_{int-si,max} = 2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ – умова виконується.}$$

Проведений теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій закладу дошкільної освіти в місті Вишневе довів, що шари стін та горищного перекриття відповідають сучасним вимогам згідно до [12].

Використання повнотілої керамічної цегли разом з досить гарним шаром теплоізоляційного матеріалу (мінеральної вати) та захисними шарами штукатурки забезпечує високу теплову інерційність будівлі. Тобто, будівля повільно акумулює тепло в денний час і поступово віддає його в нічний час. Такі процеси призводять до стабільного режиму в приміщеннях та сприяють зменшенню енергоспоживанню.

Такі конструкції забезпечують досить високі та ефективні захисні властивості від переохолодження будівлі взимку та навпаки перегріву в літній період. Зовнішні огорожувальні конструкції є високо теплоінерційні,

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоєфективні та найголовніше відповідають сучасним нормативним вимогам.

5.2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі

Розрахункові втрати тепла, що компенсуються системою опалення $Q_{оп}$, Вт, визначаються на основі теплового балансу приміщення. Тобто, дорівнюють сумі тепловтрат через огорожувальні конструкції (трансмісійні втрати тепла), $Q_{ог}$, Вт, витрати тепла на підігрів вентиляційного повітря $Q_{в}$, що зменшуються на величину сумарних внутрішніх - побутових виділень тепла $Q_{поб}$ [17].

$$Q_{оп} = \sum Q_{ог} + Q_{в} - Q_{поб}, \quad (5.3)$$

Основні та додаткові тепловтрати необхідно визначити у підсумку втрат теплоти через окремі огорожувальні конструкції, Q , Вт:

$$Q_{ог} = A/R \cdot (t_{вн} - t_з) \cdot n \cdot (1 + \sum \beta), \quad (5.4)$$

Де A – площа огорожувальної конструкції, m^2 ;

R – опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $(m^2 \cdot K)/Вт$;

$t_{вн}$ – внутрішня температура приміщення, $^{\circ}C$;

$t_з$ – зовнішня температура повітря для холодного періоду року, $^{\circ}C$;

n – коефіцієнт, який приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції;

$\sum \beta$ – додаткові втрати теплоти, що враховуються в частці від основних тепловтрат.

Тепловтрати $Q_{в}$ необхідно розраховувати для кожного опалювального приміщення, які мають одне або декілька вікон.

Витрати теплоти для нагрівання інфільтрованого зовнішнього повітря в житлових та громадських будівлях для всіх приміщень визначається за допомогою двох розрахунків .

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перший розрахунок дає змогу визначити витрату теплоти Q_i на підігрів зовнішнього повітря, що надходить в приміщення внаслідок природної вентиляції.

За допомогою другого розрахунку визначається витрата теплоти Q_B на підігрів зовнішнього повітря, яке проникає через нещільності в огорожувальних конструкціях внаслідок теплового та вітрового тисків.

Для визначення розрахункових втрат теплоти обирається найбільша величина з наступних двох формул:

$$Q_B = 0,28 \cdot L \cdot \rho_3 \cdot c \cdot (t_{BH} - t_3), \quad (5.5)$$

Де L – витрата повітря, м³/год;

ρ_3 – густина зовнішнього повітря, кг/м³;

c – питома теплоємність повітря, кДж/(кг·°C);

Питома вага γ , Н/м³ та густина повітря ρ_3 , кг/м³, визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{3463}{(273 + t)}, \quad (5.6)$$

Де t – температура зовнішнього повітря, °C;

g – прискорення вільного падіння, $g=9,81$ м/с².

Витрата тепла Q_B на підігрів зовнішнього повітря, яке проникає через нещільності в огорожувальних конструкціях, яка виникає через тепловий та вітровий тиски, визначається за формулою:

$$Q_B = 0,28 \cdot G_i \cdot c \cdot (t_{BH} - t_3) \cdot k, \quad (5.7)$$

Де G_i – витрата інфільтрованого повітря, кг/год, через огорожувальні конструкції;

k – коефіцієнт, який враховує зустрічний тепловий потік, який приймається для вікон та балконних дверей з роздільними стулками $k = 0,8$ та для одинарних вікон зі спареними стулками $k = 1,0$.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрата інфільтрованого повітря G_i , визначається за формулою:

$$Q_v = 0,28 \cdot \sum F \cdot \Delta P_i^{0,67} / R_{и}, \quad (5.8)$$

Де ΔP_i – різниця тисків повітря, Па, на зовнішніх та внутрішніх поверхнях вікон чи дверей;

$\sum F$ – розрахункові площі огорожувальних конструкцій, м²;

$R_{и}$ – опір паропроникнення огорожувальної конструкції, м²·год/кг;

Різниця тисків повітря, ΔP_i визначається за формулою:

$$\Delta P_i = (H - h_i)(\gamma_z - \gamma_{вн}) + 0,5\rho_3 V^2 (c_{e,n} - c_{e,p})k_1 - p_{int}, \quad (5.9)$$

Де H – висота будівлі, м, від рівня землі до верху вентиляційної шахти;

h_i – відстань, м, від рівня землі до верху вікон або балконних дверей,

для яких визначається витрата повітря;

$\gamma_z, \gamma_{вн}$ – питомі маси внутрішнього і зовнішнього повітря;

V – розрахункова швидкість повітря, м/с;

$c_{e,n}, c_{e,p}$ – аеродинамічні коефіцієнти будівлі відповідно для навітряної та підвітряної поверхонь;

k_1 – коефіцієнт, що враховує облік зміни швидкісного напору вітру в залежності від висоти будівлі;

p_{int} – умовний постійний тиск повітря, Па, який виникає при роботі вентиляції.

У додатку А наведений розрахунок тепловтрат будівлі для споруди цивільного призначення та основної споруди.

5.2.3 Підбір обладнання для системи опалення

На даному об'єкті запроєктована двотрубна система опалення з нижнім розведенням трубопроводів. Завдяки такій схемі досягається рівномірний розподіл тепла, а також можливість індивідуального регулювання температури в кожному приміщенні. В якості трубопроводів обрано поліетиленові труби RENAУ RAUTITAN pink.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підбір діаметрів трубопроводів виконується за допомогою програми Uropor.

В якості опалювальних приладів запроєктовані сталеві панельні радіатори KORADO RADIK VK з нижнім правим підключенням. Опалювальні прилади з природною циркуляцією повітря навколо теплопередаючих поверхонь. Профільна панель виступає основною гріючою поверхнею приладу. Вона складається з двох відпресованих заготовок з листової сталі. Тобто, всередині панелі утворені горизонтально та вертикально канали, через які протікає теплоносій.

На рисунку 5.4 зображено опалювальний сталевий радіатор KORADO RADIK VK.



Рис. 5.4 Опалювальний сталевий радіатор KORADO RADIK VK

Регулювання температури на опалювальних приладах здійснюється термостатичним клапаном HERZ.

Повітря з опалювальних приладів випускається кранами Маєвського.

Згідно з [6] необхідно вимогою є влаштування захисних екранів для радіаторів. Вони захищають у даному випадку дітей від прямого контакту з гарячою поверхнею радіатора, щоб запобігти опікам.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.4 Розрахунок повітрообміну в будівлі

Для забезпечення повітрообміну в будівлі дошкільного закладу та укритті запроектована припливно-витяжна вентиляція.

Розрахунок повітрообміну системи вентиляції проведено з урахуванням кількості дітей та персоналу у дошкільному закладі.

Система забезпечує рівномірний розподіл свіжого повітря для всіх приміщень, запобігає засвоюванню та підвищує ефективність видалення забрудненого повітря.

Розрахунок вентиляційного повітря виконується для кожного приміщення з урахуванням їх призначення.

Припливно-витяжна вентиляція розрахована на основі норм повітрообміну за кратністю та за кількістю людей [10].

Розрахунок за кратністю виконується за формулою (5.10):

$$L = V_{\text{прим}} \cdot K_p, \quad (5.10)$$

Де $V_{\text{прим}}$ – об'єм приміщення, м³;

K_p – кратність повітрообміну (кількість разів на годину оновлення повітря в приміщенні).

Розрахунок за кількістю людей в приміщенні та їх активності виконується за формулою (5.11):

$$L = L_1 \cdot N_l, \quad (5.11)$$

Де L_1 – норма витрата на одну людину, м³/год;

N_l – кількість людей, осіб.

Для розрахунку повітря в укритті згідно до [7] прийнято $L_1 = 12$ м³/год на одну людину. Кількість дітей в укритті 95 осіб.

Розрахунок повітрообміну для основної будівлі та укриття наведено у додатку Б.

Для забезпечення повітрообміну в приміщеннях забезпечують припливно – витяжні установки виробництва фірми Аеростар. Стельові багатофункціональні компактні припливно-витяжні установки з рекуперацією та електронагрівачем.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Видалення повітря з санвузлів, технічних приміщень здійснюється за допомогою каналних вентиляторів виробництва фірми VENTS.

Забір та викид повітря здійснюється через вентиляційні шахти. Розподіл та забір повітря в приміщеннях відбувається за допомогою анемостатів та дифузорів типу ПДК, виробництва ЧП Григоренко.

В укритті запроєктована припливно-витяжна система вентиляції. Для забезпечення резервної вентиляції обрано електроручні вентилятори виробництва фірми Аеростар. Керування роботою вентиляторів, при необхідності, здійснюється за допомогою регулюючих клапанів з ручним керуванням, що встановлюються на повітропроводах перед установками.

Необхідним є влаштування форкамер. На повітрозабірних та викидних повітропроводах необхідно передбачити противибухові пристрої. Вони забезпечують захист системи вентиляції від надмірного тиску повітряної ударної хвилі. Розміщення цих пристроїв повинно бути у межах укриття. Також, необхідним є забезпечення вільного доступу до них для здійснення огляду, заміни чи ремонту.

На рисунку 5.5 зображено противибуховий пристрій.

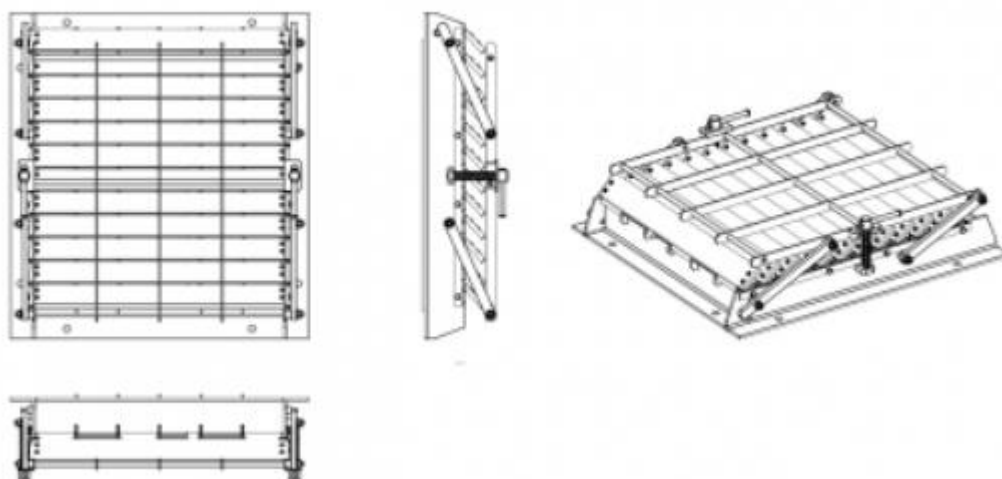


Рис. 5.5 Противибуховий пристрій

Важливою вимогою також, є довжина повітропроводу від вентилятора до найбільш віддаленого повітророзподільного пристрою. Для системи вентиляції з електроручними вентиляторами – не більше 30 м.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повітропроводи систем вентиляції ізолюються ізоляцією типу K-flex.

5.3 Розрахунок теплонавантажень на систему тепlopостачання

Розрахункове теплове навантаження на основну будівлю закладу дошкільної освіти становить:

- 1) Система опалення з урахуванням системи опалення тепла підлога,
 $Q_o = 65000 \text{ Вт} = 0,0559 \text{ Гкал/год}$;
- 2) Система вентиляції, $Q_v = 45000 \text{ Вт} = 0,0387 \text{ Гкал/год}$.

У таблиці 5.6 наведено теплові навантаження системи опалення, вентиляції та кондиціонування.

Таблиця 5.6 Теплові навантаження системи опалення, вентиляції та кондиціонування

Найменування споруди	Об'єм, м ³	Період року, t _{зовн} , °С	Витрати тепла, Вт (ккал/год)				Витрата холоду, Вт (ккал/год)
			опалення	вентиляція	ГВП	всього	
Садок	996,03	-22	65000 (55889)	45000 (38693)	-	110000 (94582)	-
		+28	-	-	-	-	57050 (49054)

Розрахункове теплове навантаження на споруду укриття закладу дошкільної освіти становить:

- 1) Система опалення з урахуванням системи опалення тепла підлога,
 $Q_o = 16500 \text{ Вт} = 0,0142 \text{ Гкал/год}$;
- 2) Система вентиляції, $Q_v = 20890 \text{ Вт} = 0,018 \text{ Гкал/год}$.

У таблиці 5.7 наведено теплові навантаження системи опалення, вентиляції та кондиціонування.

Таблиця 5.7 Теплові навантаження системи опалення, вентиляції та кондиціонування

Найменування споруди	Об'єм, м ³	Період року, t _{зовн} , °С	Витрати тепла, Вт (ккал/год)				Витрата холоду, Вт (ккал/год)
			опалення	вентиляція	ГВП	всього	
Укриття	996,03	-22	16500 (14187)	20890 (17962)	-	37390 (32149)	-
		+28	-	-	-	-	23000 (19776)

Робочі параметри теплоносія на ввіді в теплопункт з урахуванням втрат тиску на абонентській тепломережі становлять:

- Тиск в подавальному трубопроводі – 1,20 МПа;
- Тиск в зворотному трубопроводі – 1,0 МПа;
- Наявна фактична різниця тисків – 0,20 МПа;
- Фактична температура в подавальному трубопроводі – 105 °С;
- Фактична температура в зворотному трубопроводі – 70 °С;
- Температура в подавальному трубопроводі системи опалення – 80 °С;
- Температура в зворотному трубопроводі системи опалення – 60 °С;
- Температура в подавальному трубопроводі системи опалення тепла підлога – 40 °С;
- Температура в зворотному трубопроводі системи опалення тепла підлога – 30 °С;

Розрахункова витрата води на систему опалення, визначається за формулою [9] :

$$G_{o.макс} = \frac{3,6 \cdot Q_{o.макс}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (5.12)$$

де $Q_{o.макс}$ – максимальна розрахункова витрата тепла на опалення, Вт;
 τ_1 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі, $\tau_1 = 105$ °С;
 τ_2 – температура теплоносія в зворотному трубопроводі, $\tau_2 = 70$ °С;

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C- питома теплоємність води, $c = 4,187 \text{ кДж/кг}\cdot\text{°C}$.

$$G_{o.\text{макс}} = \frac{3,6 \cdot 65000}{4,187 \cdot (105 - 70)} = 1596,78 \text{ кг/год}$$

Розрахункова витрата води на систему опалення, визначається за формулою [9] :

$$G_{v.\text{макс}} = \frac{3,6 \cdot Q_{v.\text{макс}}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (5.13)$$

Де $Q_{v.\text{макс}}$ – максимальна розрахункова витрата тепла на опалення, Вт;

τ_1 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі, $\tau_1 = 105 \text{ °C}$;

τ_2 температура теплоносія в зворотному трубопроводі, $\tau_2 = 70 \text{ °C}$;

C- питома теплоємність води, $c = 4,187 \text{ кДж/кг}\cdot\text{°C}$.

$$G_{v.\text{макс}} = \frac{3,6 \cdot 45000}{4,187 \cdot (105 - 70)} = 1105,46 \text{ кг/год}$$

Аналогічно проводимо розрахунок для споруди укриття:

Розрахункова витрата води на систему опалення становить:

$$G_{o.\text{макс}} = \frac{3,6 \cdot 16500}{4,187 \cdot (105 - 70)} = 405,34 \text{ кг/год}$$

Розрахункова витрата води на систему вентиляції становить:

$$G_{v.\text{макс}} = \frac{3,6 \cdot 20890}{4,187 \cdot (105 - 70)} = 513,18 \text{ кг/год}$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У даній роботі проведене комплексне дослідження системи теплопостачання громадських будівель та споруд цивільного захисту. Також, розглянуто їх конструктивні та експлуатаційні особливості. Розроблено принципові рішення для влаштування системи з паралельним підключенням систем теплопостачання основної будівлі та вбудованого в неї укриття. У роботі розглянуто теоретичні засади, проаналізовано технічну літературу та Державні будівельні норми. Детальніше вивчено теплотехнічні та динамічні властивості та характеристики будівель. І виконано проєкт існуючої будівлі з необхідними інженерними розрахунками та рішеннями.

У першому розділі проаналізовано специфічні особливості систем теплопостачання громадських будівель, які мають різне функціональне призначення. Наведено класифікацію основних споживачів теплоти в громадських будівлях. Визначено основні нормативні вимоги для систем опалення, вентиляції закладів охорони здоров'я, закладів освіти, адміністративно-побутових та культурно-розважальних споруд. Враховано те, що кожен з типів громадських будівель має свої особливості, різні нормативні вимоги до параметрів мікроклімату, які необхідні для вибору системи теплопостачання.

У другому розділі проведено дослідження принципів теплопостачання споруд цивільного захисту. Розглянуто типи систем теплопостачання, варіанти їх підключення та методи регулювання. Також, важливим моментом є облік теплової енергії.

У третьому розділі виконана аналіз літератури та нормативної документації, які пов'язані з підключенням теплових систем. Запропоновано та розроблено принципову схему індивідуального теплового пункту для паралельного обслуговування основної будівлі та вбудованого укриття. Описано принцип дії даної запропонованої схеми, а також сформульовано формулу патенту, що доводить осучаснення даного технічного рішення та можливість його застосування у майбутньому.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У четвертому розділі розглянуто будівлю, яка є багатокomпонентною енергетичною системою. Проаналізовано явище теплової інерції будівлі, досліджено закономірності зміни температурних режимів з використанням регулювання перепустками та вплив внутрішніх і зовнішніх параметрів повітря. Теплові характеристики огорожувальних конструкцій суттєво впливають на внутрішній мікроклімат в приміщенні та енергоефективність будівлі.

У п'ятому розділі розглянуто існуючу будівлю, в якій є змога реалізації запропонованої схеми. Виконано інженерні розрахунки для проектування систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Зроблено теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій для перевірки теплової інерційності будівлі. Також, виконано розрахунок тепловтрат та повітрообміну в приміщеннях. Підбрано необхідне обладнання для системи опалення і вентиляції. Виконані розрахунки для індивідуального теплового пункту. Дані проектні рішення відповідають чинним нормативним вимогам.

Підсумовуючи, у даній роботі сформовано науково-інженерну основу щодо влаштування системи тепlopостачання основної будівлі та вбудованого укриття. Запропоновані інженерні рішення підвищують ефективність і надійність системи. Також, забезпечують стабільність параметрів мікроклімату для звичайного режиму експлуатації та для надзвичайних умов. Правильне поєднання теоретичних, нормативних та практичних основ у влаштуванні систем тепlopостачання відкриває нові можливості для створення енергоефективних, надійних та стійких будівель у майбутньому.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Climate-Data.org. Kyiv. URL:
<https://en.climatedata.org/europe/ukraine/kyiv/kyiv-218>
2. OTOS. Watt SO / NS: Leaflet [Електронний ресурс]. -Режим доступу:
https://www.otos.com.ua/img/watt_so_ns_leaflet.pdf
3. Будівельна теплофізика : методичні вказівки до практичних занять : для студентів спеціальностей 192 «Будівництво та цивільна інженерія», 144 «Теплоенергетика» ОПІ «Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні, промислові і побутові теплові технології» / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; уклад. Ю. М. Кольчик. – Київ : КНУБА, 2023. – 48 с. : іл. – Бібліогр. : с. 35.
4. ДБН В.1.2-11:2021. Енергозбереження та енергоефективність. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. – 39 с.
5. ДБН В.2.2-10:2022 «Заклади охорони здоров'я. Основні положення» : Державні будівельні норми. - Київ : Мінрегіон України, 2022. - чинні з 01.03.2023. - Електронний ресурс. - Режим доступу:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=101916
6. ДБН В.2.2-4:2018 «Будинки і споруди. Заклади дошкільної освіти» : Державні будівельні норми. - Київ : Мінрегіон України, 2018. - чинні з 01.09.2022. - Електронний ресурс. - Режим доступу:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77081
7. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» : Державні будівельні норми. - Київ : Мінрегіон України, 2023. - чинні з 01.11.2023. - Електронний ресурс. - Режим доступу:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=104666
8. ДБН В.2.5-39:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі» : Державні будівельні норми. - Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. - чинні з 07.01.2009. -Електронний ресурс. - Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=47699

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі і споруди. Теплові мережі. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 144 с.
10. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» : Державні будівельні норми. - Київ : Мінрегіон України, 2013. - чинний з 01.01.2014. - Електронний ресурс. - Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50154
11. ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» : Державні будівельні норми. - Київ : Мінрегіон України, 2014. - чинні з 01.01.2015. - Зі Зміною № 1. - Електронний ресурс. - Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59086
12. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – Київ: Мінрегіон України, 2021. – 65 с.
13. ДСТУ 9191:2022. Теплова ізоляція будівель. Методи розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 56 с.
14. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». — Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.
15. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосасвоєння огорожувальних конструкцій. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 35 с.
16. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I “Теплові мережі та споруди”) : навч. посіб. / П.М. Єнін, Н.А. Швачко. - Київ : Кондор, 2007. - 244 с. - Електронний ресурс. - Режим доступу: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Enin_2007_244.pdf
17. Любарець О. П., Зайцев О. М., Любарець В. О. Проектування систем водяного опалення: навч. посіб. Київ: Видавництво «Ліра-К», 2018. 256 с.
18. Михалків, Д. В. Експериментальне дослідження зміни температурних умов у приміщенні при переривчастому опаленні електричними

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- конвекторами / Д. В. Михалків // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. — 2016. — № 63. — С. 112–118.
19. Основні поняття про будівлі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/publ/osnovni_ponjattja_pro_budivli/16-1-0-270 – Дата публікації: 13.12.2011.
20. Семеній, І. Б. Енергетичний менеджмент у житлово-комунальному господарстві: дис. ... канд. техн. наук / І. Б. Семеній. — Одеса: ОНАХТ, 2014. — 212 с.
21. Теплотерм. Розбірні пластинчасті теплообмінники [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.teploterm.com/vodopodgotovki/30-teploobmenniki-plastinchatye.html>
22. Яценко, О. І. Енергетичні показники динамічних режимів будівлі та інженерних систем : дис. канд. техн. наук / О. І. Яценко. – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. – 234 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/items/a0a61eee-1d77-4336-a42b-9b98af9e962e>
23. Наказ №169 від 11.07.2018 року "Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель"

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок тепловтрат основною будівлею

ТЕПЛОТРАТИ 1 ПОВЕРХ А																						
№ приміщення	Площа прим м2	ВНУТРІШНЯ температура °С	ЗОВНІШНЯ температура °С	Різниця t, °С	назва огороження	Ширина а, м	Довжина l, м	Розмір а + l, м	Розмір h, м	Площа кв м	коэф. теплопров R0	Втрата тепла Q, Вт	∑ Вт	L м3/ч	L м3/ч	Вт + L	теплот в трубах 5%	+20% при інфільтрації	коэф розташування	коэф закритого	Округл	Витрата л/год
35	34,65	21	-22	43	зовн стіна	19,3		19,3	3	53,714	4,020	574,55	1074,73	155	105,4	1180,13	1239,141	1486,969	1561,318	1873,581	1900	81,7
					вікна			3,22	1,3	4,186	0,99	181,82										
					підлога					34,65	4,680	318,37										
					перекриття					34,65												
34	14,29	22	-22	44	зовн стіна	2,9		2,9	3	7,27	4,020	79,57	277,48	45	30,6	308,08	323,482028	388,1784	407,5874	489,1048	500	21,5
					вікна			1,1	1,3	1,43	0,99	63,56										
					підлога					14,29	4,680	134,35										
					перекриття					14,29												
30	9,11	22	-22	44	зовн стіна	2,6		2,6	3	6,37	4,020	69,72	218,93	0	218,93	229,872847	275,8474	289,6398	347,5677	300	12,9	
					вікна			1,1	1,3	1,43	0,99	63,56										
					підлога					9,11	4,680	85,65										
					перекриття					9,11												
38-39	21,6	16	-22	38	зовн стіна	5,7		5,7	2,8	13,1	4,020	123,83	408,99	1240	843,2	1252,19	1314,8029	1577,763	1656,652	1987,982	1600	68,8
					вікна			2,2	1,3	2,86	0,99	109,78										
					підлога					21,6	4,680	175,38										
					перекриття					21,6												
40	10,3	16	-22	38	зовн стіна	2,8		2,8	3	6,97	4,020	65,89	204,41	840	571,2	775,61	814,387287	977,2647	1026,128	1231,354	800	34,4
					вікна			1,1	1,3	1,43	0,99	54,89										
					підлога					10,3	4,680	83,63										
					перекриття					10,3												
41	7,2	16	-22	38	зовн стіна			0	3	0	4,020	0,00	58,46	0	58,46	61,3846154	73,66154	77,34462	92,81354	400	17,2	
					вікна				1,3	0	0,99	0,00										
					підлога					7,2	4,680	58,46										
					перекриття					7,2												
43	11,5	16	-22	38	зовн стіна	3,3		3,3	3	8,47	4,020	80,06	228,33	140	95,2	323,53	339,706116	407,6473	428,0297	513,6356	500	21,5
					вікна			1,1	1,3	1,43	0,99	54,89										
					підлога					11,5	4,680	93,38										
					перекриття					11,5												

Продовження додатку А

43	11,5	16	-22	38	зовн стіна	3,3		3,3	3	8,47	4,020	80,06	228,33	140	95,2	323,53	339,706116	407,6473	428,0297	513,6356	500	21,5
					вікна			1,1	1,3	1,43	0,99	54,89										
					підлога					11,5	4,680	93,38										
					перекриття					11,5												
32	43,64	22	-22	44	зовн стіна	8,1	3,1	11,2	3	28,192	4,020	308,57	959,22	295	200,6	1159,82	1217,80607	1461,367	1534,436	1841,323	1800	77,4
					вікна			4,16	1,3	5,408	0,99	240,36										
					підлога					43,64	4,680	410,29										
					перекриття					43,64												
33	8,4	22	-22	44	зовн стіна	2,9		2,9	3	6,009	4,020	65,77	264,34	40	27,2	291,54	306,121734	367,3461	385,7134	462,8561	500	21,5
					вікна			2,07	1,3	2,691	0,99	119,60										
					підлога					8,4	4,680	78,97										
					перекриття					8,4												
24	14,71	22	-22	44	зовн стіна	5,23		5,23	3	11,413	4,020	124,92	485,78	45	30,6	516,38	542,202174	650,6426	683,1747	819,8097	800	34,4
					вікна			3,29	1,3	4,277	0,99	190,09										
					підлога					14,71	3,790	170,78										
					перекриття					14,71												
20	12,44	16	-22	38	зовн стіна	3,32		3,32	3	7,321	4,020	69,20	271,51	40	27,2	298,71	313,642328	376,3708	395,1893	474,2272	500	21,5
					вікна			2,03	1,3	2,639	0,99	101,29										
					підлога					12,44	4,680	101,01										
					перекриття					12,44												
19	45,32	19	-22	41	зовн стіна	7,9		7,9	3	15,51	4,020	158,19	894,40	270	183,6	1078,00	1131,9027	1358,283	1426,197	1711,437	1700	73,1
					вікна			6,3	1,3	8,19	0,99	339,18										
					підлога					45,32	4,680	397,03										
					перекриття					45,32												

ТЕПЛОТРАТИ 1 ПОВЕРХ Б																						
№ приміщення	Площа прим м2	ВНУТРІШНЯ температура °С	ЗОВНІШНЯ температура °С	Різниця t, °С	назва огороження	Ширина а, м	Довжина l, м	Розмір а + l, м	Розмір h, м	Площа кв м	коэф. теплопров R0	Втрата тепла Q, Вт	∑ Вт	Л м3/ч	Л м3/ч	Вт + L	теплот в трубах 5%	+20% при інфільтрації	коэф розташування	коэф закритого	Округл	Витрата л/год
9	32,63	21	-22	43	зовн стіна	19,3		19,3	3	53,714	4,020	574,55	1056,17	150	102	1158,17	1216,08318	1459,3	1532,265	1838,718	1800	77,4
					вікна			3,22	1,3	4,186	0,99	181,82										
					підлога					32,63	4,680	299,81										
					перекриття					32,63												
8	14,67	22	-22	44	зовн стіна	2,8		2,8	3	7,061	4,020	77,28	274,72	45	30,6	305,32	320,584703	384,7016	403,9367	484,7241	500	21,5
					вікна			1,03	1,3	1,339	0,99	59,51										
					підлога					14,67	4,680	137,92										
					перекриття					14,67												
7	9,08	22	-22	44	зовн стіна	2,6		2,6	3	6,331	4,020	69,29	219,95	0	219,95	230,948485	277,1382	290,9951	349,1941	300	12,9	
					вікна			1,13	1,3	1,469	0,99	65,29										
					підлога					9,08	4,680	85,37										
					перекриття					9,08												
15	7,86	18	-22	40	зовн стіна	2,3		2,3	3	5,522	4,020	54,95	177,80	30	20,4	198,20	208,111605	249,7339	262,2206	314,6647	350	15,05
					вікна			1,06	1,3	1,378	0,99	55,68										
					підлога					7,86	4,680	67,18										
					перекриття					7,86												

Продовження додатку А

18	17,98	18	-22	40	зовн стіна	3,26		3,26	3	7,037	4,020	70,02	334,52	135	91,8	426,32	447,639567	537,1675	564,0259	676,831	700	30,1
					вікна			2,11	1,3	2,743	0,99	110,83										
					підлога					17,98	4,680	153,68										
					перекриття					17,98												
17	14,39	18	-22	40	зовн стіна	3,6		3,6	3	8,252	4,020	82,11	308,05	30	20,4	328,45	344,872921	413,8475	434,5399	521,4479	500	21,5
					вікна			1,96	1,3	2,548	0,99	102,95										
					підлога					14,39	4,680	122,99										
					перекриття					14,39												
2	19,61	18	-22	40	зовн стіна	3,6		3,6	3	8,408	4,020	83,66	347,91	100	68	415,91	436,710743	524,0529	550,2555	660,3066	700	30,1
					вікна			1,84	1,3	2,392	0,99	96,65										
					підлога					19,61	4,680	167,61										
					перекриття					19,61												
4	9,01	18	-22	40	зовн стіна	3,095		3,095	3	6,672	4,020	66,39	248,97	45	30,6	279,57	293,550983	352,2612	369,8742	443,8491	400	17,2
					вікна			2,01	1,3	2,613	0,99	105,58										
					підлога					9,01	4,680	77,01										
					перекриття					9,01												
5	41,46	22	-22	44	зовн стіна	3,015	8,1	11,115	3	28,145	4,020	308,05	928,96	295	200,6	1129,56	1186,03874	1423,246	1494,409	1793,291	1800	77,4
					вікна			4	1,3	5,2	0,99	231,11										
					підлога					41,46	4,680	389,79										
					перекриття					41,46												

ТЕПЛОТРАТИ 2 ПОВЕРХ А																						
№ приміщення	Площа прим м2	ВНУТРІШНЯ температура °С	ЗОВНІШНЯ температура °С	Різниця t, °С	назва огороження	Ширина а, м	Довжина l, м	Розмір а + l, м	Розмір h, м	Площа кв м	коэф. теплопров R0	Втрата тепла Q, Вт	∑ Вт	Л м3/ч	Л м3/ч	Вт + Л	теплот в трубах 5%	+20% при інфільтрації	коэф розташування	коэф закритого	Округл	Витрата л/год
17	34,65	19	-22	41	зовн стіна	22,8		22,8	3	62,732	4,020	639,80	1093,78	345	234,6	1328,38	1394,79422	1673,753	1757,441	2108,929	2100	90,3
					вікна			4,36	1,3	5,668	0,99	234,74										
					підлога					34,65												
					перекриття					34,65	6,480	219,24										
18	55,01	20	-22	42	зовн стіна	19,2		19,2	3	49,8	4,020	520,30	1207,75	150	102	1309,75	1375,24159	1650,29	1732,804	2079,365	2100	90,3
					вікна			6	1,3	7,8	0,99	330,91										
					підлога					55,01												
					перекриття					55,01	6,480	356,55										
19	11,26	20	-22	42	зовн стіна	2,21		2,21	3	4,615	4,020	48,22	206,68	40	27,2	233,88	245,576885	294,6923	309,4269	371,3123	400	17,2
					вікна			1,55	1,3	2,015	0,99	85,48										
					підлога					11,26												
					перекриття					11,26	6,480	72,98										
21	9,87	18	-22	40	зовн стіна	2,8		2,8	3	5,865	4,020	58,36	221,71	135	91,8	313,51	329,183796	395,0206	414,7716	497,7259	500	21,5
					вікна			1,95	1,3	2,535	0,99	102,42										
					підлога					9,87												
					перекриття					9,87	6,480	60,93										
22	9,75	19	-22	41	зовн стіна	2,67		2,67	3	5,449	4,020	55,57	223,33	135	91,8	315,13	330,8821	397,0585	416,9114	500,2937	500	21,5
					вікна			1,97	1,3	2,561	0,99	106,06										
					підлога					9,75												
					перекриття					9,75	6,480	61,69										

Продовження додатку А

23	9,56	20	-22	42	зовн стіна	2,62		2,62	3	5,273	4,020	55,09	226,81	0	226,81	238,145799	285,775	300,0637	360,0764	400	17,2	
					вікна			1,99	1,3	2,587	0,99	109,75										
					підлога					9,56												
					перекриття					9,56	6,480	61,96										
16	8,31	20	-22	42	зовн стіна	2,64		2,64	3	6,607	4,020	69,03	178,59	0	178,59	187,522125	225,0265	236,2779	283,5335	300	12,9	
					вікна			1,01	1,3	1,313	0,99	55,70										
					підлога					8,31												
					перекриття					8,31	6,480	53,86										
12	9,82	18	-22	40	зовн стіна	2,7		2,7	3	5,474	4,020	54,47	221,19	105	71,4	292,59	307,215254	368,6583	387,0912	464,5095	500	21,5
					вікна			2,02	1,3	2,626	0,99	106,10										
					підлога					9,82												
					перекриття					9,82	6,480	60,62										
11	9,92	18	-22	40	зовн стіна	2,6		2,6	3	5,096	4,020	50,71	221,19	105	71,4	292,59	307,223239	368,6679	387,1013	464,5215	500	21,5
					вікна			2,08	1,3	2,704	0,99	109,25										
					підлога					9,92												
					перекриття					9,92	6,480	61,23										
10	62,06	18	-22	40	зовн стіна	12		12	3	25,639	4,020	255,11	1056,83	370	251,6	1308,43	1373,84847	1648,618	1731,049	2077,259	2100	90,3
					вікна			7,97	1,3	10,361	0,99	418,63										
					підлога					62,06												
					перекриття					62,06	6,480	383,09										

ТЕПЛОВТРАТИ 2 ПОВЕРХ Б																						
№ приміщення	Площа прим м2	ВНУТРІШНЯ температура °С	ЗОВНІШНЯ температура °С	Різниця t, °С	назва огороження	Ширина а, м	Довжина l, м	Розмір а + l, м	Розмір h, м	Площа кв м	коєф. теплопров R0	Втрата тепла Q, Вт	Σ Вт	L м3/ч	L м3/ч	Вт + L	теплот в трубах 5%	+20% при інфільтрації	коєф розташування	коєф закритого	Округл	Витрата л/год
8	9,48	20	-22	42	зовн стіна	3,08		3,08	3	7,888	4,020	82,41	201,21	0	201,21	211,274659	253,5296	266,2061	319,4473	300	12,9	
					вікна			1,04	1,3	1,352	0,99	57,36										
					підлога					9,48												
					перекриття					9,48	6,480	61,44										
9	32,63	19	-22	41	зовн стіна	19,3		19,3	3	52,726	4,020	537,75	958,48	150	102	1060,48	1113,50899	1336,211	1403,021	1683,626	1700	73,1
					вікна			3,98	1,3	5,174	0,99	214,28										
					підлога					32,63												
					перекриття					32,63	6,480	206,46										
6	52,78	20	-22	42	зовн стіна	12,3	3,8	16,1	3	40,5	4,020	423,13	1096,14	345	234,6	1330,74	1397,27281	1676,727	1760,564	2112,676	2100	90,3
					вікна			6	1,3	7,8	0,99	330,91										
					підлога					52,78												
					перекриття					52,78	6,480	342,09										
5	12,35	20	-22	42	зовн стіна	2,45		2,45	3	5,452	4,020	56,96	217,53	40	27,2	244,73	256,965138	308,3582	323,7761	388,5313	400	17,2
					вікна			1,46	1,3	1,898	0,99	80,52										
					підлога					12,35												
					перекриття					12,35	6,480	80,05										

Продовження додатку А

4	10,03	18	-22	40	зовн стіна	2,86		2,86	3	6,045	4,020	60,15	224,49	30	20,4	244,89	257,13143	308,5577	323,9856	388,7827	400	17,2
					вікна			1,95	1,3	2,535	0,99	102,42										
					підлога					10,03												
					перекриття					10,03	6,480	61,91										
3	10,16	20	-22	42	зовн стіна	2,875		2,875	3	6,233	4,020	65,12	232,45	40	27,2	259,65	272,634112	327,1609	343,519	412,2228	400	17,2
					вікна			1,84	1,3	2,392	0,99	101,48										
					підлога					10,16												
					перекриття					10,16	6,480	65,85										
25	80,37	20	-22	42	зовн стіна	14,3		14,3	3	28,509	4,020	297,86	1429,30	455	309,4	1738,70	1825,63412	2190,761	2300,299	2760,359	2800	120,4
					вікна			11,07	1,3	14,391	0,99	610,53										
					підлога					80,37	4,680											
					перекриття					80,37	6,480	520,92										

ТЕПЛОВТРАТИ 2 ПОВЕРХ СХОДОВА КЛІТИНА																						
№ приміщення	Площа прим м2	ВНУТРІШНЯ температура °С	ЗОВНІШНЯ температура °С	Різниця t, °С	назва огороження	Ширина а, м	Довжина l, м	Розмір а + l, м	Розмір h, м	Площа кв м	коэф. теплопров R0	Втрата тепла Q, Вт	Σ Вт	Лм3/ч	Лм3/ч	Вт+L	теплот в трубах 5%	+20% при інфільтрації	коэф розташування	коэф закрито	Округл	Витрата л/год
1	14,81	19	-22	41	зовн стіна	2,84		2,84	3	5,881	4,020	59,98	392,72		0	392,72	412,359403	494,8313	519,5728	623,4874	600	25,8
					вікна			2,03	1,3	2,639	0,99	109,29										
					підлога					14,81	4,680	129,75										
					перекриття					14,81	6,480	93,71										
14	14,62	20	-22	42	зовн стіна	2,8		2,8	3	5,761	4,020	60,19	398,11		0	398,11	418,017091	501,6205	526,7015	632,0418	600	25,8
					вікна			2,03	1,3	2,639	0,99	111,96										
					підлога					14,62	4,680	131,21										
					перекриття					14,62	6,480	94,76										

Розрахунок тепловтрат споруди укриття

ТЕПЛОВТРАТИ																						
№ приміщення	Площа прим м2	ВНУТРІШНЯ температура °С	ЗОВНІШНЯ температура °С	Різниця t, °С	назва огороження	Ширина а, м	Довжина l, м	Розмір а + l, м	Розмір h, м	Площа кв м	коэф. теплопров R0	Втрата тепла Q, Вт	Σ Вт	Лм3/ч	Лм3/ч	Вт+L	теплот в трубах 5%	+20% при інфільтрації	коэф розташування	Округл	Витрата л/год	
16	30,92	18	-22	40	зовн стіна	13,2		13,2	3,2	42,24	4,540	372,16	372,16		0	372,16	390,7665	468,92	492,366	500	21,5	
					вікна					0	0,98	0,00										
					підлога						2,200	0,00										
					перекриття						5,148	0,00										
15	9,37	22	-22	44	зовн стіна	3		3	3,2	9,6	4,540	93,04	360,53		0	360,53	378,5514	454,262	476,975			
					вікна					0	0,98	0,00										
					підлога					9,37	2,200	187,40										
					перекриття					9,37	5,148	80,09										

Продовження додатку А

14	6,84	22	-22	44	перекриття				7,04	4,540	68,23	263,49	0	263,49	276,6651	331,998	348,598				
					зовн стіна	2,2		2,2	3,2	0	0,98									0,00	
					вікна					6,84	2,200									136,80	
					підлога					6,84	5,148									58,46	
13	12,29	22	-22	44	перекриття				13,44	4,540	130,26	481,10	0	481,10	505,1532	606,184	636,493	600	25,8		
					зовн стіна	4,2		4,2	3,2	0	0,98									0,00	
					вікна					12,29	2,200									245,80	
					підлога					12,29	5,148									105,04	
12	12,29	22	-22	44	перекриття				13,44	4,540	130,26	481,10	0	481,10	505,1532	606,184	636,493	600	25,8		
					зовн стіна	4,2		4,2	3,2	0	0,98									0,00	
					вікна					12,29	2,200									245,80	
					підлога					12,29	5,148									105,04	
11	5,46	22	-22	44	перекриття				5,76	4,540	55,82	211,69	0	211,69	222,275	266,73	280,066	300	12,9		
					зовн стіна	1,8		1,8	3,2	0	0,98									0,00	
					вікна					5,46	2,200									109,20	
					підлога					5,46	5,148									46,67	
9	8	22	-22	44	перекриття				8,32	4,540	80,63	309,01	0	309,01	324,461	389,353	408,821	400	17,2		
					зовн стіна	2,6		2,6	3,2	0	0,98									0,00	
					вікна					8	2,200									160,00	
					підлога					8	5,148									68,38	
8	13,32	22	-22	44	перекриття				13,12	4,540	127,15	507,40	35	23,8	531,20	557,7604	669,312	702,778	1100	47,3	
					зовн стіна	4,1		4,1	3,2	0	0,98										0,00
					вікна					13,32	2,200										266,40
					підлога					13,32	5,148										113,85
7	6,46	22	-22	44	перекриття				13,32	4,540	113,85	246,44	20	13,6	260,04	273,0421	327,651	344,033	300	12,9	
					зовн стіна	2		2	3,2	0	0,98										0,00
					вікна					6,46	2,200										129,20
					підлога					6,46	5,148										55,21
5	16,63	22	-22	44	перекриття				27,84	4,540	269,81	744,55	0	744,55	781,7793	938,135	985,042	1000	43		
					зовн стіна	5,5	3,2	8,7	3,2	0	0,98									0,00	
					вікна					16,63	2,200									332,60	
					підлога					16,63	5,148									142,14	
19	44,88	22	-22	44	перекриття				19,84	4,540	192,28	1473,47	288	195,84	1669,31	1752,777	2103,33	2208,5	2200	47,3	
					зовн стіна	6,2		6,2	3,2	0	0,98										0,00
					вікна					44,88	2,200										897,60
					підлога					44,88	5,148										383,59
20	43,51	22	-22	44	перекриття				19,84	4,540	192,28	1434,36	288	195,84	1630,20	1711,712	2054,05	2156,76	2200	47,3	
					зовн стіна	6,2		6,2	3,2	0	0,98										0,00
					вікна					43,51	2,200										870,20
					підлога					43,51	5,148										371,88
21	43,51	22	-22	44	перекриття				19,84	4,540	192,28	1434,36	288	195,84	1630,20	1711,712	2054,05	2156,76	2200	47,3	
					зовн стіна	6,2		6,2	3,2	0	0,98										0,00
					вікна					43,51	2,200										870,20
					підлога					43,51	5,148										371,88

Продовження додатку А

22	43,51	22	-22	44	зовн стіна	6,2		6,2	3,2	19,84	4,540	192,28	1434,36	288	195,84	1630,20	1711,712	2054,05	2156,76	2200	47,3	
					вікна				0	0,98	0,00											
					підлога				43,51	2,200	870,20											
					перекриття				43,51	5,148	371,88											
23	43,53	22	-22	44	зовн стіна	6,2		6,2	3,2	19,84	4,540	192,28	1434,93	288	195,84	1630,77	1712,312	2054,77	2157,51	2200	47,3	
					вікна				0	0,98	0,00											
					підлога				43,53	2,200	870,60											
					перекриття				43,53	5,148	372,05											
																			Σ	16300		

Розрахунок повітрообміну основної будівлі

1 поверх (адміністративна частина)										
№ прим.	Призначення	Spr	h				L, м3/год			
				люди	приплив	витяжка	кр	приплив	витяжка	
2	Вестибюль	19,61	3	3	15	15		100		
4	Кімн персоналу	9,01	3	3	15	15		45	45	
17	директор	14,39	3	2	15	15		30	30	
18	методист	17,98	3	9	15	15		135	135	
15	Бухгалтер	7,86	3	2	15	15		30	30	
3	св	4,71					42,39		100	
								340	340	
								340	240	ПВ1
10 - 2п	актовий зал	62,06	3				372,36	370	370	ПВ2
19 - 1п	спорт зал	45,32	3				271,92	270	270	ПВ3

1 поверх (лікувальний)									
№ прим.	Призначення	Spr	h				L, м3/год		
				люди	приплив	витяжка	кр	приплив	витяжка
33	ізолятор	8,4	3				37,8	40	65
24	мед кабінет	14,71	3				44,13	45	45
23	приймальня	6,11	3				18,33	75	
27	св	2,27	3				20,43		50
20	прасувальна	12,44	3				37,32	40	40
								200	200
								200	200

1 поверх (ліве крило)									
№ прим.	Призначення	Spr	h				L, м3/год		
				люди	приплив	витяжка	кр	приплив	витяжка
32	ігрова	43,64	3		1,5	1,5	196,38	295	200
34	роздягальня	14,29	3			1	42,87	45	45
35	спальня	34,65	3			1,5	155,93	155	155
31	буфетна	3,82	3			1,5	17,19	0	20
30	св	9,11	3			1,5	40,995		75
								495	495
								495	420

1 поверх (праве крило)									
№ прим.	Призначення	Spr	h				L, м3/год		
				люди	приплив	витяжка	кр	приплив	витяжка
5	ігрова	41,64	3		1,5	1,5	187,38	295	200
8	роздягальня	14,67	3			1	44,01	45	45
9	спальня	32,63	3			1,5	146,835	150	150
6	буфетна	4,09	3			1,5	18,405	0	20
7	св	9,08	3			1,5	40,86		75
								490	490
								490	415

Продовження додатку Б

2 поверх (ліве крило)										
№ прим.	Призначення	Spr	h				L, м3/год			
				люди	приплив	витяжка	кр	приплив	витяжка	
17	ігрова	34,65	3		1,5	1,5	155,93	345	250	
19	роздягальня	11,26	3			1	33,78	40	40	
18	спальня	55,01	3			1,5	247,55	150	150	
15	буфетна	4,46	3			1,5	20,07	0	20	
16	св	8,31	3			1,5	37,395	0	75	
11	ресурсна	9,92	3	7	15		0	105	105	
12	психолог	9,82	3	7	15		0	105	105	
21	логопед	9,87	3	9	15		0	135	135	
22	корекційні зан.	9,75	3	9	15			135	135	
								1015	1015	
								1015	940	
								1510	1360	ПВ4

2 поверх (праве крило)										
№ прим.	Призначення	Spr	h				L, м3/год			
				люди	приплив	витяжка	кр	приплив	витяжка	
6	ігрова	52,78	3		1,5	1,5	237,51	345	250	
5	роздягальня	12,35	3			1	37,05	40	40	
9	спальня	32,63	3			1,5	146,835	150	150	
7	буфетна	4,8	3			1,5	21,6	0	20	
8	св	9,48	3			1,5	42,66	0	75	
4	завгосп	10,03	3	2	15		0	30	30	
3	роздягальня	12,35	3			1	37,05	40	40	
25	ігрова та спальня	80,37	3			1,5	361,665	455	360	
23	св	9,56	3			1,5	43,02		75	
24	буфетна	4,68	3			1,5	21,06		20	
								1060	1060	
								1060	910	
								1550	1325	ПВ5

Продовження додатку Б

Розрахунок повітрообміну укриття

№ приміщення	назва прим.	площа	висота	людей	Qосв	Qлюд	Qt	L на прим	L на людину	L на людину округл	ОСНОВНА		кр резервнот	РЕЗЕРВНА	
											ПР	ВИТ		ПР	ВИТ
20	основне прим укриття 1	44,88	3,5	24	774	2400	3174	278,42105	11,60088	12	288	288	3	72	72
21	основне прим укриття 2	43,51	3,5	24	774	2400	3174	278,42105	11,60088	12	288	288	3	72	72
22	основне прим укриття 3	43,51	3,5	24	774	2400	3174	278,42105	11,60088	12	288	288	3	72	72
23	основне прим укриття 4	43,51	3,5	24	774	2400	3174	278,42105	11,60088	12	288	288	3	72	72
24	основне прим укриття 5	42,53	3,5	24	774	2400	3174	278,42105	11,60088	12	288	288	3	72	72
											1440	1440		360	360
											2535	1555			

				кр	ПР	ВИТ
6	пункт керування	7,56	3,5		20	20
7	продовольства	6,42	3,5	2		
8	мед. пункт	13,32	3,5		35	35
14	вк	6,84	3,5	1	25	25
15	вк	9,37	3,5	1	30	30
16						
17	венткамера	22,58	3,5		60	60
18	ітп	6,99	3,5	1	25	25
	с/в			9*100	900	900

	приплив	
коридор	980	2535