

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА ПРОМИСЛОВОГО ТА ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Проект забезпечення мікроклімату в будівлі спортивно-оздоровчого
центра

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-пцб-дн
спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Промислове і цивільне
будівництво

(назва освітньої програми)

Лефрагх Яссер

(ініціали та прізвище)

Керівник проф., д.т.н. Банах В. А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Самченко Р.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Промислове і цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« » 20 року

Т.А. Архутюк

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Лефрагх Яссеру

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Проєкт забезпечення мікроклімату в будівлі спортивно-оздоровчого центра

керівник роботи проф. д.т.н. Банах В. А.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «09» 10 2023 року № 1578-с

- 1 Строк подання студентом роботи 01.03.2024
- 2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень
- 3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Аналіз сучасних тенденцій енергозбереження в контексті реалізації енергетичної стратегії України. Аналітичний огляд сучасних систем створення сприятливого мікроклімату. Огляд інноваційних технологій, що забезпечують енергозбереження в приміщеннях будівлі.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, результати розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Банах В. А.		YASSER
2	Банах В. А.		YASSER
3	Банах В. А.		YASSER

6 Дата видачі завдання 01.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	01.01	
2	Розділ 1	15.01	
3	Розділ 2	01.02	
4	Розділ 3	15.02	
5	Розробка графічної частини	20.02	
6	Оформлення роботи	25.02	
7	Попередній захист	01.03	

Студент

(підпис)

Лефрах Яссер

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (просекту)

(підпис)

Банах В. А.

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

Данкевич Н.О.

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Лефрагх Яссер. Проект забезпечення мікроклімату в будівлі спортивно-оздоровчого центра.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник В.А. Банах. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2024.

Виконано аналіз інноваційних рішень мінімізації енергоспоживання шляхом зменшення тепловтрат будівлі. Виконано аналітичний огляд сучасних систем кондиціонування. Виконано техніко-економічне порівняння спліт системи та системи «чиллер-фанкойл».

Ключові слова: ВЕНТИЛЯЦІЯ, ПРОЕКТ, КОНДИЦІОНУВАННЯ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, МОНТАЖ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ, ТЕПЛО.

ABSTRACT

Lefragh Yasser. The project of providing a microclimate in the building of the sports and health center.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 192 - Construction and Civil Engineering, supervisor V.A. Banach. Engineering Educational and Scientific Institute Yu.M. Potebny ZNU, Department of Industrial and Civil Engineering, 2024.

An analysis of innovative solutions to minimize energy consumption by reducing building heat loss was performed. An analytical review of modern air conditioning systems was performed. A technical and economic comparison of the split system and the "chiller-fan coil" system was performed.

Keywords: VENTILATION, PROJECT, AIR CONDITIONING, ENERGY CONSUMPTION, INSTALLATION OF VENTILATION SYSTEMS, HEAT.

ЗМІСТ

	Вступ.....	7
Розділ 1	АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ.....	9
1.1	Аналіз сучасних тенденцій енергозбереження та енергоєфективності в Україні.....	9
1.2	Інноваційні заходи з енергозбереження	11
1.3	Огляд сучасних систем кондиціонування.....	12
1.4	Вихідні положення та характеристика об'єкту.....	16
1.5	Основні технологічні та будівельні рішення.....	18
1.6	Висновок по розділу 1.....	21
Розділ 2	ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ НА ТЕОРЕТИЧНОМУ РІВНІ	23
2.1	Моделювання втрат тепла приміщень будівлі за допомогою математичних методів.....	23
2.2	Модернізація огорожувальних конструкцій спортивно- оздоровчого комплексу.....	26
2.3	Данні для розрахунку системи кондиціонування та вентиляції	34
2.4	Моделювання параметрів повітря для системи вентиляції та кондиціонування.....	36
2.5	Моделювання втрат тепла приміщень спортивно - оздоровчого комплексу.....	47
2.6	Розрахунок повітрообміну у приміщеннях.....	51
2.7	Підбір обладнання.....	60
2.8	Висновок по розділу 2	63
Розділ 3	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	

ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	65
3.1 Аналіз обраної системи вентиляції та кондиціонування.....	65
3.2 Визначення трудомісткості монтажних робіт.....	70
3.3 Визначення витрат енергоресурсів.....	74
3.4 Техніко-економічні показники.....	75
3.5 Монтаж системи припливно - витяжної вентиляції.....	77
3.6 Заходи з енергозбереження.....	78
3.7 Протипожежні заход.....	79
3.8 Основні заходи безпеки і захисту здоров'я працівників при виконанні монтажних робіт.....	80
3.9 Захист довкілля.....	85
3.10 Висновок по розділу 3.....	86
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89

ВСТУП

Актуальність теми. Вдосконалення систем кондиціонування та вентиляції для покращення якості повітря у спортивних комплексах стає все більш актуальною потребою в наш час.

Україна витрачає понад 40% кінцевої енергії на існуючі будівлі, при цьому витрати енергії на одиницю площі значно вищі, ніж у більшості європейських країн. Цей сектор є найбільшим у національній економіці з точки зору енергоспоживання.

Основні причини високої енергоефективності національної економіки полягають у надмірних непродуктивних втратах енергії на всіх етапах її використання (видобування, транспортування, використання). Тому в проекті Енергетичної стратегії України до 2030 року не передбачено значного зростання споживання первинних енергоресурсів.

Головний акцент зроблено на розвитку виробництва відновлювальної енергії та раціональному використанні традиційних джерел енергії.

У зв'язку з постійним підвищенням вимог до збереження енергоресурсів та зростанням їх вартості, є необхідним скорочення споживання енергії шляхом розвитку відновлювальних джерел енергії, впровадження енергозберігаючих технологій та підвищення енергоефективності обладнання, яке забезпечує створення потрібного мікроклімату.

Тому питання енергозбереження та енергоефективності у будівництві стає надзвичайно важливим у сучасних умовах енергетичної кризи в країні. На сьогоднішній день забезпечення вентиляції та підтримки комфортного мікроклімату у приміщеннях є ключовим аспектом як для житлових, так і для комерційних будівель. Якщо раніше для цих цілей переважно використовували кондиціонери, то зараз можна нагрівати або охолоджувати повітря у приміщенні за допомогою системи «чиллер - фанкойл».

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є підвищення ефективності роботи систем вентиляції та кондиціонування за допомогою обґрунтованого вибору інноваційних заходів з енергозбереження.

Об'єкт дослідження. Системи вентиляції та кондиціонування спортивно-оздоровчих об'єктів.

Предмет дослідження. Теплоповітряні процеси в приміщеннях спортивно - оздоровчого комплексу.

Методи дослідження. Оцінки ґрунтуються на аналізі оптимізації умов внутрішнього повітря, логічних узагальненнях, математичних моделях процесів та сучасних технічних розрахунках згідно із сучасною нормативною базою.

Наукова новизна одержаних результатів. Полягає у проведенні аналізі, що включав моделювання впливу вибору традиційних і новаторських матеріалів утеплення на нормативні показники теплового опору огорожувальних конструкцій будівлі.

Практичне значення одержаних результатів. У створенні концептуальних схем і технологічних рішень, а також у розробці рекомендацій щодо оптимальних робочих режимів для систем вентиляції та кондиціонування . Ці рішення можуть бути впроваджені на практиці.

Особистий вклад дослідника. Постановка мети і завдання дослідження. Збір і аналіз даних для проведення дослідження.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел містить 93 сторінок, 5 рисунків, 21 таблиця, 45 список використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ

1.1 Аналіз сучасних тенденцій енергозбереження та енергоефективності в Україні

Аналізуючи сучасні тенденції в енергозбереженні та енергоефективності в Україні, можна зазначити, що згідно з енергетичною стратегією країни до 2030 року, проблеми енергозбереження та підвищення енергоефективності в будівництві стають пріоритетними умовами енергетичної кризи. В Україні створюється сприятливе середовище для розвитку відновлювальних джерел енергії та впровадження енергозберігаючих технологій, спрямованих на зниження споживання імпортованих енергетичних ресурсів та підвищення енергоефективності обладнання.

Енергозбереження передбачає раціональне використання енергії на всіх етапах її використання, починаючи від видобутку енергоресурсів до кінцевого споживача. Сучасні технології енергозбереження включають в себе використання новітніх рішень та методів, що дозволяють значно зменшити витрати енергії та мають позитивний екологічний вплив.

В Україні основними напрямками забезпечення ефективного використання енергії є енергозбереження на підприємствах та у будівництві, зокрема зменшення теплових втрат і енергозбереження в будівлях різного призначення. Одним із заходів є впровадження стандартів будівництва "пасивного будинку", які включають у себе теплоізоляцію стін, ізольовані вікна та енергоефективну вентиляцію.

Ураховуючи, що більше 30% енергоресурсів витрачається на опалення будівель, розвиток технологій енергозбереження у будівництві не може бути ефективним без зниження втрат тепла та застосування сучасного обладнання.

Україна великою мірою залежить від імпорту енергоресурсів. Використовуються різноманітні джерела енергії, такі як нафта, вугілля, атомна та гідроенергія, природний газ і т.д., для забезпечення потреб у житлових, громадських та промислових будівлях.

Наразі найбільш популярними є вугілля та природний газ, які становлять 60% енергетичного балансу країни. Проте, останніми роками внаслідок підвищення цін на енергоресурси спостерігається поступове збільшення використання інших джерел енергії.

Прогнозується подальше зростання їх використання до 2030 року, що призведе до зменшення частки використання вугілля та інших викопних палив у загальному енергетичному балансі країни.

В табл. 1.1 представлений прогноз скорочення використання енергетичного палива до 2030 року.

Таблиця 1.1 - Структура ЗППЕ України, млн т н.е.

Найменування джерел первинного постачання енергії	2010 рік	2015 рік	2020 рік	2025 рік (прогноз)	2030 рік (прогноз)
Вугілля	38,2	27,2	17	15	11
Природний газ	55,3	26,2	24,3	26	28
Нафтопродукти	13,3	10,4	9,5	7	5,5
Атомна енергія	23,3	23,1	24	27	28
Біомаса, біопаливо та відходи	1,4	2,2	4	5	7
Сонячна та вітрова енергія	0,0	0,2	1	3	4
ГЕС	1,2	0,4	1	1,5	1,9
Термальна енергія*		0,4	0,5	1,3	1,8
Всього	132,2	90,3	82,3	86	92

До 2030 року Україна планує скоротити використання : вугілля з 38,2 до 12 млн т у.е.; природного газу з 55,3 до 28 млн т у.е.; нафтопродуктів з 13,3 до 5,5 млн т у.е. і т.д. Тому впровадження сучасних енергозберігаючих заходів є актуальним в нашій країні [1].

1.2 Інноваційні заходи з енергозбереження

В Україні актуальною проблемою є енергозбереження, тому потрібно вжити різних заходів, спрямованих на зменшення витрат енергії.

Основні втрати тепла в будинках відбуваються через огорожувальні конструкції (стіни, вікна) та вентиляцію. На діаграмі показано обсяг втрат тепла у формі коефіцієнтів [2].

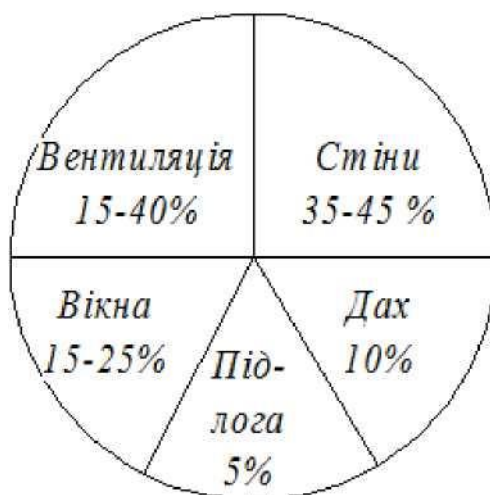


Рисунок 1.1 - Основні напрямки тепловтрат громадських удівель

Отже, ключові заходи зменшення енергоспоживання включають:

- Підвищення теплової ефективності будівельних конструкцій.
- Використання енергоефективного обладнання для створення потрібного мікроклімату в приміщеннях.

Втрати тепла через вікна становлять від 15% до 25%, тому впровадження нових інноваційних технологій у скління - актуальна потреба. Наприклад, застосування склопакетів з високим опором теплопередачі і

низькою повітропроникністю дозволяє зменшити витрати енергії на обігрів і освітлення, за рахунок більшого використання природного освітлення.

У випадку зовнішніх огорожень, більшість втрат тепла припадає на зовнішні стіни (35-45%). Тому використання теплозахисних матеріалів для огорожень може значно зменшити тепловтрати і поліпшити внутрішній мікроклімат.

Втрати тепла через вентиляцію приміщень становлять 15-40%. Щоб зменшити ці втрати, потрібно встановлювати сучасні системи вентиляції та кондиціонування, які забезпечать енергоефективне створення потрібного мікроклімату.

1.3 Огляд сучасних систем кондиціонування

Підтримка комфортного мікроклімату у сучасних громадських будівлях неможлива без ефективних систем вентиляції та кондиціонування повітря. Серед найбільш поширених типів систем кондиціонування є централізовані системи, спліт-системи, мульти-спліт системи, системи "чиллер - фанкойл" та мультизональні системи (VRV або VRF).

Спліт-система складається з зовнішнього та внутрішнього блоків, які з'єднані трасою для циркуляції фреону та електрокабелем. Зовнішній блок розташовується поза будівлею та виконує функцію компресорно-конденсаторного агрегату, тоді як внутрішні блоки можуть бути розміщені всередині приміщень у будь-якій кількості та розташуванні. Ці системи можуть бути колонними, настінними, підлогово-стельовими або касетними в залежності від їхньої фіксації.

Управління спліт-системами здійснюється за допомогою виносного РК дисплея та дистанційних пультів, які дозволяють налаштовувати температурний режим, програмувати автоматичне ввімкнення та вимкнення системи, а також керувати напрямком повітряного потоку.

Система «чиллер - фанкойл» використовується для охолодження повітря в громадських будівлях та має деякі відмінності від інших типів кондиціонування. Вона використовує воду або незамерзаючу рідину як холодоагент, а не фреон, і складається з чиллера, гідромодуля та фанкойлів.

Чиллери можуть бути повітряними або водяними, розміщуються на даху або в спеціальному приміщенні, і мають різну потужність, що може варіюватися від кількох кіловат до мегават. Гідромодуль включає насоси, розширювальний бак, арматуру та прилади контролю.

Трубопроводи використовуються звичайні водопровідні з теплоізоляцією. Фанкойли містять вентилятор, теплообмінник, фільтр для очистки повітря і пульт управління, і можуть бути розміщені як настінні, каналні, касетні, підлогові.

Переваги цієї системи включають високу енергоефективність, можливість використання звичайних водопровідних труб, різноманітність типів фанкойлів, можливість використання їх для охолодження та опалення, а також можливість розміщення чиллера без впливу на зовнішній вигляд будівлі.

Система «чиллер - фанкойл» має кілька переваг порівняно зі спліт-системами:

1. Використання звичайних водопровідних труб для з'єднання чиллера з фанкойлами дозволяє зменшити витрати, оскільки ці труби є дешевшими у порівнянні з мідними комунікаціями, які використовуються у спліт-системах.
2. Відстань між чиллером і фанкойлами залежить від потужності насосної станції, тому можливо створити комунікаційні системи значної довжини, що розширює область їх застосування.
3. Кількість фанкойлів обмежується лише потужністю чиллера, що забезпечує гнучкість у виборі кількості та розміщення фанкойлів.

Проте основним недоліком системи «чиллер - фанкойл» є можливість протікання води в трубах при недосконалому монтажі.

Таблиця 1.2 - Порівняння спліт-системи і «чиллер-фанкойл» для громадської будівлі будинку

Основні показники	Спліт-система	Система «чиллер - фанкойл»
Температурна стійкість	Значні температурні коливання	Стійка температура за рахунок регулювання
Якість виробленого повітря	Задовільна якість за рахунок застосування будь-яких типів фільтрів	Погана якість через неефективні фільтри
Використання вуличного повітря	Ні	Так
Зміна рівня продуктивності холоду	Незмінний	Широкі межі діапазону
Ефективність роботи системи	Низька	Висока
Необхідну технічне обслуговування	Трудомістке обслуговування	Невеликі витрати на обслуговування
Вартість використання електроенергії	Висока	Низька

Система «чиллер-фанкойл» має наступні переваги порівняно зі спліт-системами [3]:

- Відстань між чиллером і фанкойлом не є стандартною, а визначається лише можливостями насосної станції і теплоізоляцією трубопроводів.
- Є гнучкість регулювання для великої кількості обслуговуваних приміщень.
- Кожен фанкойл може працювати незалежно один від одного, змінюючи свій режим роботи.
- Параметри кожного фанкойла можна регулювати за допомогою пульта управління або дистанційно.

Є можливість поступового збільшення потужності фанкойлів, що дозволяє вводити в експлуатацію об'єкт поступово, на різних етапах.

Оцінка енергоефективності системи «чиллер - фанкойл». У зв'язку з необхідністю збереження енергоресурсів, системи опалення, кондиціонування і вентиляції в будівлях потребують вдосконалення. Підтримка комфортного клімату та ефективна вентиляція мають велике значення для громадських приміщень. Замість традиційних кондиціонерів, можна використовувати систему "чиллер - фанкойл", яка забезпечує необхідний мікроклімат за допомогою автоматичного управління.

У спортивних комплексах також використовується система "чиллер - фанкойл" разом з припливно-витяжною вентиляцією для опалення, вентиляції та кондиціонування приміщень. Ця система дозволяє регулювати швидкість обертання вентилятора і витрату холодоносія залежно від потреб.

У зв'язку з холодними зимами в Україні, для забезпечення надійності системи може бути встановлено кілька фанкойлів однакової потужності з можливістю резервування. Також, в періоди переходу між сезонами може використовуватися чиллер у режимі теплового насоса, а в холодні періоди - котел для опалення.

Зміна режимів роботи системи "чиллер - фанкойл" може бути здійснена як вручну, так і автоматично за допомогою клапанів на трубопроводах, що постачають тепло від чиллера. Ця система забезпечує підтримку температури як у режимі опалення, так і в режимі охолодження.

Основні переваги системи "чиллер - фанкойл" включають економію енергії, зменшення капітальних витрат на систему мікроклімату, автоматичну підтримку параметрів повітря протягом року, гнучкість монтажу та експлуатації, екологічну безпеку та зниження шуму. Використання системи "чиллер - фанкойл" для опалення спортивних комплексів має перевагу у швидкому прогріванні приміщень та гнучкому регулюванні.

Недоліками цієї системи є шум від роботи вентилятора фанкойла та споживання електроенергії. Однак ці витрати компенсуються гнучким регулюванням теплової потужності, відсутністю перегріву у перехідні періоди та економією тепла.

Система "чиллер - фанкойл" вважається енергоефективною, особливо коли використовується режим "Free Cooling" або вільного охолодження. Цей режим дозволяє використовувати зовнішнє повітря в період низьких температур для охолодження води, яка потім використовується в системі кондиціонування. Режим "Free Cooling" може бути прямим або непрямим. У прямому випадку зовнішнє повітря безпосередньо потрапляє в приміщення для охолодження, що спрощує систему, але вимагає дотримання високих стандартів фільтрації повітря. Непрямий фрікулінг вимагає додаткового теплообмінника, що забезпечує охолодження повітря перед його введенням у приміщення.

Режим теплового насоса використовується для опалення і гарячого водопостачання, при цьому чиллер виробляє тепло за рахунок обміну ролей випарника і конденсатора. Цей режим особливо популярний у громадських та адміністративних будівлях.

Рекуперативний режим дозволяє одночасно використовувати чиллер як для охолодження, так і для нагрівання води. Це забезпечує більшу гнучкість в експлуатації і часто використовується у чотирьохтрубних системах.

Опція плавного пуску компресора дозволяє зменшити високі пускові струми, що перевищують робочі значення в 2-3 рази, що сприяє зменшенню споживання електроенергії та підвищує ефективність системи.

1.4 Вихідні положення та характеристика об'єкту

Магістерська кваліфікаційна робота передбачає впровадження інноваційних технологій для забезпечення енергоефективності у спортивно-оздоровчому комплексі. Проектування системи опалення, вентиляції та кондиціонування базується на технічній та проектній документації згідно з вимогами ДБН В.2.2-13:2003 "Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди" та ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування".

Спортивно-оздоровчий комплекс розташований у центрі міста з гарною транспортною доступністю та електричним забезпеченням. Загальна площа забудови становить 6363,84 м², включаючи підвал на рівні - 2,200 м, перший поверх на рівні + 2,000 м, другий поверх на рівні + 6,200 м та третій поверх на рівні +10,400 м.

Кліматичні умови міста Умань представлені в табл. 1.3 [5].

Таблиця 1.3- Кліматичні умови району будівництва

Найменування параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Середня температура найбільш холодної п'ятиденки	°С	-22
Середня температура холодної доби	°С	-24
Швидкість вітру	м/с	3,7
Вологість	%	76
Тривалість опалювального періоду	діб	188
Розрахункова температура зовнішнього повітря для вентиляції	°С	-11

Проектні рішення, що пропонуються, повністю відповідають вимогам протипожежних, санітарно-гігієнічних, екологічних та інших державних будівельних норм. Ці рекомендації забезпечують безпечну експлуатацію об'єкту та відповідають вимогам, які необхідно дотримуватися.

Для опалення будівлі передбачений тепловий пункт, розташований в окремій будівлі на території спортивного комплексу. У цьому тепловому пункті запроектовано два котли «Vitogas 100-F» об'єднані загальною потужністю 120 кВт, які працюють на газі. Котли оснащені засобами управління, регулювання та захисту.

З метою економії коштів на опалення планується встановлення системи кондиціонування повітря "чиллер - фанкойл" у комплексі. Ця система забезпечить охолодження та нагрів повітря відповідно до потреб у теплий та холодний період року.

Система вентиляції, що розглядається, створює сприятливі умови мікроклімату та забезпечує чистоту повітря у робочій зоні приміщення. Вона призначена для видалення надлишкового тепла без викидів токсичних речовин.

Система припливно-витяжної вентиляції може використовувати як зовнішнє, так і внутрішнє повітря після його очищення. Це повторне використання повітря, відоме як рециркуляція, використовується в холодний період року для економії тепла, яке витрачається на підігрівання припливного повітря. Проте можливість рециркуляції обмежена санітарно-гігієнічними та протипожежними вимогами.

У проекті передбачено встановлення системи "чиллер - фанкойл", яка забезпечить охолодження та нагрів повітря в теплий та холодний період року. Чиллер, розташований на даху, використовується як тепловий насос для нагрівання води восени та весною. Фанкойл встановлюється під стелею і відповідає за охолодження або підігрів повітря в залежності від температури теплоносія.

При розрахунку повітрообміну в залах враховано шкідливі викиди, такі як вологовиділення та тепловиділення, а також розрахований повітрообмін за санітарно-гігієнічними нормами та кратністю повітря.

Вентиляція для додаткових приміщень спортивно-оздоровчого комплексу розраховується відповідно до ДБН В.2.2-13:2003 "Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди". Наприклад, витрата повітря для санвузлів становить 50 м³/год на один сантехнічний пристрій, для роздягальні приймається двократний повітрообмін, для приміщень персоналу - трикратний, а для душових - десятикратний. Витяжну вентиляцію з санвузлів можна направити на душову кімнату.

1.5 Основні технологічні та будівельні рішення

В проекті для спортивно-оздоровчого комплексу з чотирьох поверхів передбачено встановлення системи "чиллер - фанкойл" для опалення та

кондиціонування повітря. Під час будівництва було спроектовано вентиляційні канали для витяжної природної вентиляції та визначено місця для розташування вентиляційного обладнання. Висота приміщень дозволяє встановити систему повітропроводів та фанкойл над стелею, а проведення електроенергії в кожному залі та приміщенні забезпечить ефективну роботу системи. Проект передбачає також використання допоміжного обладнання та організаційного оснащення.

Система "чиллер - фанкойл" обладнана комплексною системою автоматики, що спрощує її управління та функціонування. Технологічні рішення відповідають всім вимогам щодо пожежної безпеки та охорони праці, а системи опалення та вентиляції відповідають вимогам ДБН В.2.5-67:2013.

У проектно-технологічній документації визначені вимоги до технологічного процесу та надійності несучих конструкцій для вентиляційних систем. Вентиляційне обладнання поставляється в заводській готовності з віброізоляторами, а його характеристики повинні відповідати паспортним даним заводу-виробника.

Після встановлення системи вентиляції проводяться пусканалагоджувальні роботи, включаючи налагодження роботи систем та перевірку їхньої ефективності. Монтаж вентиляційного обладнання виконується лише після узгодження робочого проекту з органами державного нагляду та врахування всіх необхідних змін та доповнень до робочої документації.

Для забезпечення комфортного мікроклімату у приміщеннях спортивно-оздоровчого комплексу встановлено систему "чиллер - фанкойл". Щоб оцінити ефективність цієї системи в подальшій експлуатації, проведемо порівняльний аналіз її енергоспоживання та вартості зі спліт-системами для даного комплексу. У порівнянні будуть враховані початкові витрати, витрати на ремонт та обслуговування, а також інші фактори. Початкові витрати на систему "чиллер - фанкойл" і спліт-системи представлено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 -Початкові затрати на систему «чиллер - фанкойл» та спліт - систему

Найменування показників	Система чиллер - фанкойл, (грн.)	Спліт - системи, (грн.)
Холодильні установки	2 032 435.87	-
Насоси	199 020.35	-
Обладнання для обробки повітря	1 224 070.18	-
Вентиляторні доводчики	352 368.18	-
Конденсатори	-	4 095 675.23
Блоки	-	2 552 705.65
Трубопроводи холодоагента	-	1 235 115.3
Система вентиляції	-	1 230 845.25
Системи регулювання	170 443.53	365 409.55
Випробування і здача в експлуатацію	84 492.71	85 225.11
Відповідні будівельні роботи	156 702.44	Включено у вартість
Загальні затрати	6 798 222.83	10 124 824.78

Споживання електричної енергії складає 126 кВт • год /м² для системи "чиллер - фанкойл" і 170 кВт • год/м² для спліт-системи. Це означає, що річні витрати енергії для спліт-системи приблизно на 35% вище. Ця різниця особливо помітна влітку, коли теплове навантаження на систему зростає. Підвищена енергоємність спліт-систем пояснюється їх меншою ефективністю використання електроенергії.

Термін служби системи "чиллер - фанкойл" і спліт-системи становить відповідно 20 і 10 років. Це означає, що встановлення системи "чиллер - фанкойл" є більш вигідним рішенням. Загальні затрати на встановлення цієї системи менше, ніж на спліт-системи. Річні витрати енергії для системи

"чиллер - фанкойл" також на 35% нижче, ніж для спліт-системи, що робить її більш економічно вигідним варіантом.

Техніко - економічні показники системи «чиллер - фанкойл» наведені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 Техніко - економічні показники системи «чиллер - фанкойл»

Показник	Одиниця виміру	Значення
Споживання електричної енергії	кВтгод/м ²	125
Температура охолодженої води	°С	6-11
Температура нагрітої води	°С	38-55
Ціна	грн/м ²	2 445,0 - 6 780,0
Вартість монтажу	%	33% від вартості обладнання
Термін служби	рік	25

1.6 Висновок по розділу 1:

Згідно з Енергетичною стратегією України до 2030 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність", питання енергозбереження та енергоефективності в будівництві визначені як одні з найважливіших завдань в умовах енергетичної кризи в країні. Згідно з цим, рекомендується перехід від традиційних джерел енергії до відновлювальних та підвищення енергоефективності обладнання, що забезпечує створення необхідного мікроклімату.

Враховуючи плани України зі скорочення використання ресурсів, таких як вугілля, природний газ, і нафтопродукти, встановлення енергоефективного обладнання стає надзвичайно актуальним. У цьому контексті були розглянуті

інноваційні рішення для мінімізації енергоспоживання, зокрема шляхом зменшення тепловтрат будівель.

Основними джерелами втрат тепла є огорожувальні конструкції і вентиляційні системи. Тому для зменшення цих втрат запропоновано підвищення теплової ефективності будівельних конструкцій і використання енергоефективного вентиляційного обладнання.

У даній роботі обговорюється встановлення припливно-витяжної вентиляції з системою "чиллер - фанкойл" для приміщень спортивно-оздоровчого комплексу. Ця система дозволяє автоматично регулювати та налаштовувати режими, забезпечуючи необхідний мікроклімат у кожному приміщенні.

В порівнянні зі спліт-системою, "чиллер - фанкойл" має великий ряд переваг, таких як висока енергоефективність, можливість використання як для охолодження, так і для опалення, а також гнучке регулювання. Проведене техніко-економічне обґрунтування показало, що встановлення системи "чиллер - фанкойл" є економічно вигідним рішенням.

Отже, впровадження енергоефективного обладнання, зокрема системи "чиллер - фанкойл", відповідає стратегії з енергозбереження та енергоефективності в Україні і є кроком до зменшення використання енергоресурсів та покращення екологічної ситуації.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ НА ТЕОРЕТИЧНОМУ РІВНІ

2.1 Моделювання втрат тепла приміщень будівлі за допомогою математичних методів

Використання енергетичних ресурсів є надзвичайно актуальною проблемою в сучасний час. Понад 30% енергоресурсів витрачається на опалення різноманітних будівель. З цієї причини, технології енергозбереження в будівництві виявляються неефективними без зменшення втрат тепла та використання сучасного обладнання.

В контексті стратегії України в галузі енергоефективності та охорони довкілля до 2030 року, запровадження стандартів будівництва "пасивного будинку" визначається як ключовий напрямок. Концепція пасивного будинку, яку запропонував Вольфганг Файст, та відповідний стандарт здобули широку підтримку у всьому світі.

Пасивний будинок характеризується потужною теплоізоляцією стін, наявністю примусової вентиляції з теплообмінником і високим ступенем теплозахисту вікон. Щоб такий будинок відповідав критеріям пасивного будинку, його конструкція повинна гарантувати збереження тепла в приміщенні.

Для розробки математичної моделі теплових та вологісних процесів в огорожувальних конструкціях в умовах динамічного мікроклімату, була створена фізична модель будівлі (рисунок 2.1).

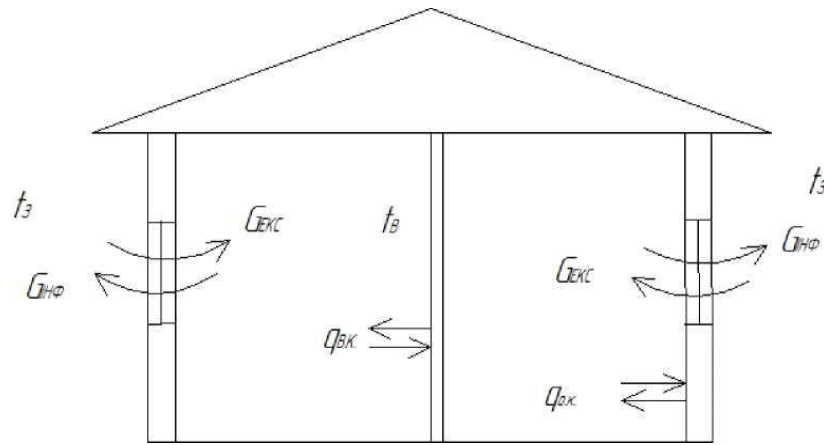


Рисунок 2.1 Схема розподілення теплових потоків громадської будівлі:

t_e - температура внутрішнього повітря будівлі; t_z - температура зовнішнього повітря; $q_{ок}$ - тепловий потік, що входить у приміщення та виходить з нього через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі; $q_{вк}$ - тепловий потік, який проходить через внутрішні огорожувальні конструкції будівлі; $G_{инф}$ - об'єм інфільтраційного повітря; $G_{екс}$ - об'єм ексфільтраційного повітря.

Для зниження споживання енергії у громадських будівлях можна використовувати різні методи.

По-перше, це використання нових будівельних матеріалів і технологій, які підвищують тепловий опір огорожувальних конструкцій будівлі, зокрема стін і вікон.

По-друге, застосування енергоефективного обладнання для забезпечення необхідного мікроклімату у приміщеннях. Для зменшення втрат тепла важливо покращити теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій.

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції можна розрахувати за допомогою формули [9].

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{з}}, \quad (2.1)$$

де $\alpha_{в}$, $\alpha_{з}$ - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К);

λ_{ip} - теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м • К).

Опір теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій обчислюється за виразом:

$$R_{пр} = \frac{F_{сп} + \sum_{i=1}^n F_i}{\frac{F_{сп}}{R_{\Sigma сп}} + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{i=1}^m k_i L_j}, \quad (2.2)$$

де $R_{\Sigma сп}$ - Приведений опір теплопередачі світлопрозорої ділянки визначається залежно від параметрів скління, таких як відстань між шарами скла, тип газового наповнення та ступінь абсорбції поверхні скла;

$F_{сп}$, - площа світлопрозорої частини, м² ;

$R_{\Sigma i}$, F_i — опір теплопередачі та площа і-го непрозорого елемента;

k_i - Лінійний коефіцієнт теплопередачі для j-го конструктивного непрозорого елемента (наприклад, імпосту, стулки, рами, ригеля, стійки тощо) світлопрозорої конструкції виражається у ватах на метр за кельвін (Вт/(м•К);

L_j , - лінійний розмір, м, j-го конструктивного непрозорого елемента (імпосту, ступок, рами, ригелів, стійок тощо) світлопрозорої конструкції.

Збільшення теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій призведе до зниження втрат тепла з приміщення.

Формула для визначення тепловтрат приміщень через стіни зазвичай має вигляд, який можна знайти в посиланні [9]:

$$Q = \frac{1}{R} F \Delta t n, \quad (2.3)$$

де R - нормативний термічний опір огорожувальної конструкції, м²С/Вт;

F - площа конструкції, м²,

Δt - різниця зовнішньої і внутрішньої температури, °С,

n - Поправочний коефіцієнт, який враховує додаткові тепловтрати в залежності від орієнтації по сторонам світу, можна визначити так:

- Північ і схід: +10% тепловтрат.
- Захід: +5% тепловтрат.
- Південь: 0% додаткових тепловтрат.

Тепловтрати приміщень через вікна можна визначити за допомогою спеціальних формул, які враховують параметри вікон та умови навколишнього середовища:

$$Q_{\text{вк}} = N \frac{1}{R_0^B} F (t_{\text{в}} - t_3) n, (\text{Вт}) \quad (2.4)$$

де R_0^B - опір теплопередачі відповідає нормативному, $\text{м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$;

N - коефіцієнт, що враховує додатковий захист огорожувальних конструкцій від зовнішніх температур;

F - площа вікон м^2 ;

n - додаткові тепловтрати %.

2.2 Модернізація огорожувальних конструкцій спортивно-оздоровчого комплексу

Модернізація огорожувальних конструкцій спортивно-оздоровчого комплексу означає впровадження новітніх технологій та матеріалів з метою поліпшення їх функціональності, ефективності та естетичного вигляду. Це може включати у себе заміну старих вікон і дверей на більш енергоефективні моделі, встановлення ізольованих стін або застосування енергоефективних матеріалів для покращення теплоізоляції, а також використання вітражних систем для забезпечення кращого використання природного світла. Додатково, модернізація може включати в себе встановлення систем автоматичного управління температурою та освітленням, що дозволить

оптимізувати споживання енергії та забезпечити комфортне середовище для користувачів спортивного комплексу.

У країнах Європи спостерігається стійка тенденція до підвищення вимог до теплозахисту будівель, де термічний опір повинен досягати значень між 4,5 і 5,8 м² • °С/Вт. Зазвичай це досягається за рахунок збільшення товщини шару теплоізоляції, що може призвести до зменшення корисної площі споруд та ускладнити процес будівництва. Тому розробка високоефективного теплоізоляційного матеріалу стає актуальним завданням у сучасному будівництві.

Сучасні можливості у покращенні якості теплоізоляції включають використання вакуумних матеріалів. Для досягнення високого термічного опору огорожувальних конструкцій запропоновано використовувати порожнисті вакуумні ізоляційні панелі. На рис. 2.2 показана конструкція такої вакуумної панелі.

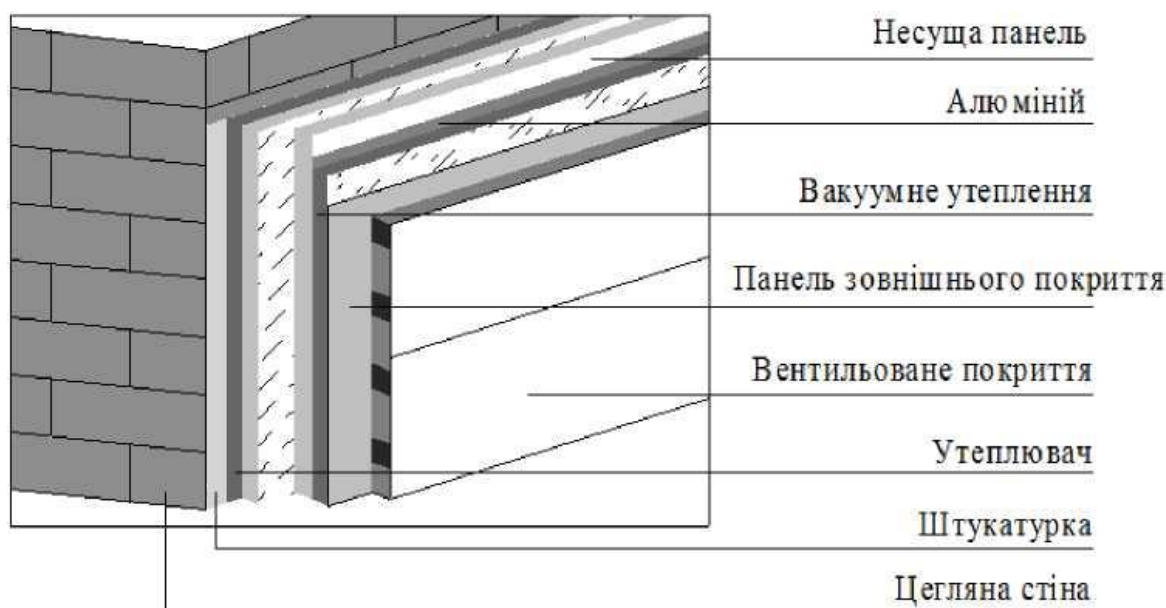


Рисунок 2.2 Схема конструкції стіни з вакуумним утеплювачем

Між стінками вакуумних панелей створюється високий вакуум, що майже повністю виключає перенесення тепла через конвекцію та теплопровідність повітря.

Вакуумна панель складається з пористого наповнювача, який

укладається у непроникну плівку-оболонку. Потім повітря відкачується з оболонки до тиску 1 мбар, і оболонка герметично закривається. Вакуумні ізоляційні панелі для будівель мають коефіцієнт теплопровідності $\lambda_p=0,007\text{Вт/м.К}$.

Порівняно з традиційними ізоляційними матеріалами, коефіцієнт ізоляції вакуумних панелей однакової товщини в п'ятдесят разів вищий. Металева фольга або сталева оболонка вакуумної панелі забезпечують дуже повільне збільшення тиску і теплопровідності. Дослідження показали, що через 50 років експлуатації теплопровідність збільшиться незначно [10].

Вакуумні панелі розміщують у тканині зі скловолокна або захищають шаром штучного каучуку для забезпечення їх захисту від механічних пошкоджень, ударних навантажень та підвищення вогнестійкості.

Розглянемо два приклади утеплення з використанням таких матеріалів:

1. Штукатурка (цементно-піщаний розчин): $\lambda_1=0.7\text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$; $\delta_1=0.02\text{ м}$;
2. Глиняна цегла: $\lambda_2=0.7\text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$; $\delta_2=0.38\text{ м}$;
3. Вакуумна панель: $\lambda_3=0.007\text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$; $\delta_3=0.02\text{ м}$, або утеплювач пінополістирол: $\lambda_3=0.06\text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$; $\delta_3=0.13\text{ м}$;
4. Шар каучуку: $\lambda_4=0.03\text{Вт/(м}\cdot\text{°C)}$; $\delta_4=0.13\text{ м}$.

Визначаємо термічний опір штукатурки :

$$R_1 = \frac{\lambda_1}{\delta_1} = \frac{0.2}{0.7} = 0.029 \left(\frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}} \right), \quad (2.5)$$

Кладки з цегли :

$$R_2 = \frac{\lambda_2}{\delta_2} = \frac{0.380}{0.7} = 0.543 \left(\frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}} \right), \quad (2.6)$$

На поверхню вакуумних панелей наноситься шар каучуку для забезпечення їх захисту від механічних пошкоджень, ударних навантажень та підвищення вогнестійкості:

$$R_3 = \frac{\lambda_3}{\delta_3} = \frac{0.01}{0.7003} = 0.3 \left(\frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}} \right), \quad (2.7) \quad (2.8)$$

(2.9)

Далі рахуємо необхідний опір теплопередачі утеплювача:

Для першої температурної зони, нормативний термічний опір теплопередачі стін складає $R_{\text{СТ}}^{\text{НОРМ}} = 3.3 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$. Коефіцієнти тепловіддачі внутрішнього повітря до стіни $\alpha_{\text{ВН}} = 8.7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а від стіни до зовнішнього повітря $\alpha_{\text{ЗН}} = 23 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Розрахуємо термічний опір стіни без утеплювача, потрібний опір і товщину утеплювача[11]:

$$\sum R = \frac{1}{\alpha_{\text{В}}} + 2R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_{\text{З}}} = \frac{1}{8.7} + 2 * 0.029 + 0.543 + \frac{1}{23} = 0.795 \quad (2.8)$$

$$R_{\text{УТ}} = R_{\text{СТ}}^{\text{НОРМ}} - \sum R = 3.3 - 0.759 = 2.541 \left(\frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} \right), \quad (2.9)$$

Визначаємо товщину утеплювача пінополістиролу:

$$\delta_{\text{УТ}} = R_{\text{УТ}} * \lambda_{\text{УТ}} = 2,541 * 0,06 = 0,15 \text{ (м)}. \quad (2.10)$$

Приймаємо товщину утеплювача 15 см, перераховуємо, і отримуємо приведений термічний опір стіни:

$$R_{\text{СТ}} = \sum R + \delta'_{\text{УТ}} / \lambda_{\text{УТ}} = 0,759 + \frac{0.15}{0.06} = 3,259 \left(\frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} \right), \quad (2.11)$$

Визначаємо товщину вакуумних панелей[11]:

$$\delta_{\text{УТ}} = R_{\text{УТ}} * \lambda_{\text{УТ}} = 2,541 * 0,007 = 0,017 \text{ (м)}. \quad (2.12)$$

Приймаємо товщину утеплювача 2 см, перераховуємо, і отримуємо приведений термічний опір стіни:

$$R_{\text{СТ}} = \sum R + \delta'_{\text{УТ}} / \lambda_{\text{УТ}} = 0,759 + \frac{0.02}{0.007} + 0.3 = 3,92 \left(\frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} \right), \quad (2.13)$$

На рисунку 2.3 зображено опір теплопередачі стіни з різними утеплювачами та їх товщинами.

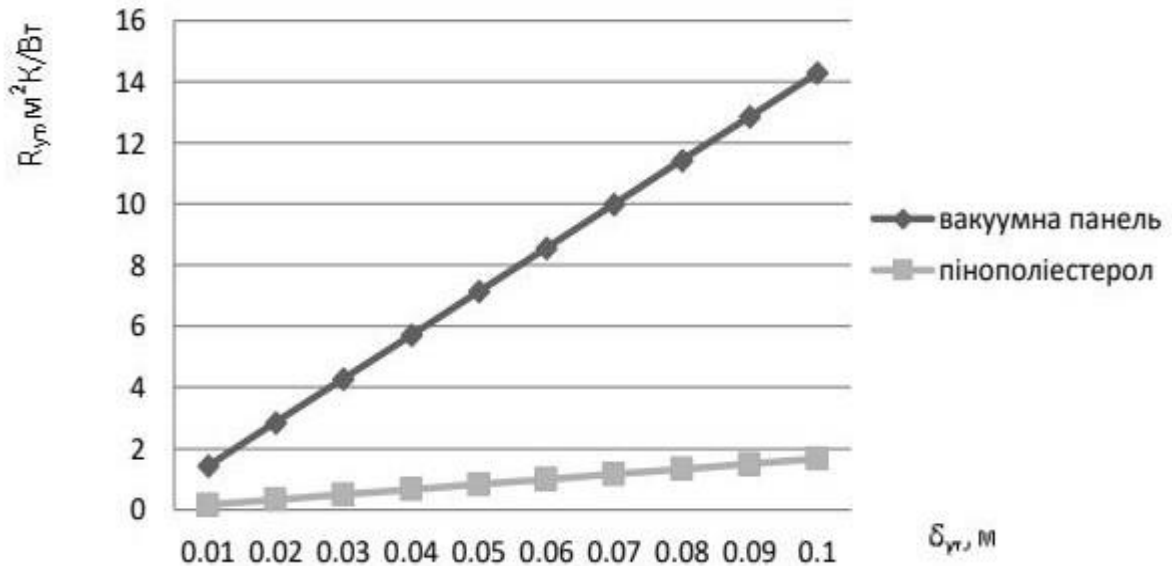


Рисунок 2.3 Опір теплопередачі стіни з утеплювачем :
а) пінополістирол; б) вакуумні панелі.

Розраховуємо тепловтрати через зовнішні стіни зали реєстрації та продажу товарів за різних утеплювачів за допомогою формули (2.3):

- утеплювач пінополістирол:

$$Q_{ст}^{пд} = \frac{1}{3.25} 88.2(21 + 15)1 = 976.9 (Вт);$$

$$Q_{ст}^{пд} = \frac{1}{3.25} 73.5(21 + 15)1.1 = 895.6 (Вт);$$

$$Q_{заг} = Q_{ст}^{зх} + Q_{ст}^{пд} = 976.9 + 895.6 = 1872.5 (Вт).$$

- з вакуумними панелями:

$$Q_{ст}^{пд} = \frac{1}{3.916} 88.2(21 + 15)1 = 810.8 (Вт);$$

$$Q_{ст}^{пд} = \frac{1}{3.916} 73.5(21 + 15)1.1 = 743.2 (Вт);$$

$$Q_{заг} = Q_{ст}^{зх} + Q_{ст}^{пд} = 810.8 + 743.2 = 1554 (Вт).$$

Отже, вакуумна теплоізоляція значно перевершує традиційні утеплювачі за своїми теплотехнічними характеристиками і дозволяє значно

зменшити товщину теплоізоляційного шару.

Застосування енергозберігаючих вікон. Одним із ключових заходів для забезпечення енергоефективності будівель і споруд є використання сучасних високоякісних будівельних матеріалів та конструкцій з низькою теплопровідністю. Згідно з результатами досліджень, втрати енергії через вікна становлять приблизно 15-20% від загальних енерговитрат будівлі.

Склопакет є ключовою складовою вікна, яка визначає його енергоефективність. Він займає близько 80% площі віконного блоку, і саме від його властивостей залежить теплопровідність вікна в цілому. Тому склопакет вважається найважливішою складовою світлопрозорої конструкції, що забезпечує рівень її енергоефективності.

Україна впровадила нові вимоги до теплової ізоляції будівель, зокрема, до теплоізоляційних характеристик світлопрозорих конструкцій. З 1 липня 2013 року вступили в силу вимоги ДБН В.2.6-31 2016 «Теплова ізоляція будівель», які передбачають більш суворі стандарти, зокрема, зі збільшенням мінімального коефіцієнта опору теплопередачі для першої кліматичної зони до $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ і для другої зони до $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [12].

Досвід центральної Європи підтверджує, що посилення енергетичних норм для будівельних матеріалів стимулює використання енергозберігаючих склопакетів. Це призводить до зменшення витрат на опалення та кондиціонування. Покращення теплоізоляції вікон за рахунок використання енергозберігаючих склопакетів дозволяє значно знизити витрати на підтримку комфортної температури в приміщеннях протягом усього року.

Енергозберігаюче скло відоме як скло зі спеціальним покриттям, яке селективно відбиває інфрачервоні промені, що переносять тепло.

У цьому ролі використовується шар іонів срібла на поверхні скла. Візуально спеціальне покриття на склі практично непомітне, тому воно не впливає на прозорість вікон.

Для досягнення максимальної ефективності утеплення будинку рекомендується встановлювати в кожну віконну конструкцію

енергозберігаючі склопакети, в камери яких заповнений один з видів газу. Найпоширенішим з них є аргон.

Використання склопакетів з аргонном порівняно з вікнами, де камери заповнені сухим повітрям, призводить до підвищення експлуатаційних характеристик. Склопакети з аргонном забезпечують кращу теплоізоляцію, що дозволяє ефективніше зберігати тепло в приміщенні. Крім того, вони надійно захищають від надлишків ультрафіолетового випромінювання, яке потрапляє в середину приміщення разом із сонячними променями.

Склопакети з аргонном також забезпечують більш комфортну температуру в приміщенні в жарку погоду. Ці переваги дозволяють зменшити витрати на опалення взимку і на електроенергію влітку.

Однокамерний склопакет з аргонном за теплоізоляційними характеристиками еквівалентний двокамерному, заповненому повітрям. Це означає, що вага конструкції з однокамерним склопакетом з аргонном значно менше, що зменшує навантаження на фурнітурні механізми вікна і підвищує його тривалість експлуатації.

Наявність аргону в склопакеті також допомагає зменшити шум з вулиці в приміщенні. Благодаря високій щільності аргону, швидкість переміщення звуку в інертному середовищі менше, ніж у повітряному, що призводить до зниження рівня шуму приблизно на 15% [12].

Ще однією перевагою склопакетів з аргонном є їхня прозорість, яка дозволяє передавати реальне зображення без спотворень. У звичайних склопакетах може виникати так званий ефект лінзи, особливо за певних умов температури і освітлення, що призводить до спотворення зображення. У склопакетах з аргонном ефект лінзи майже повністю відсутній.

Давайте наведемо приклад ефективності використання вікна з енергозберігаючим склопакетом. Розрахуємо кількість втрат тепла в холодний період року для звичайного вікна та енергозберігаючого на прикладі залу реєстрації та продажу товарів .

Для зменшення втрат тепла в спортивно-оздоровчому комплексі ми встановлюємо вікна класу А1 з термічним опором більше $0,85 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Для порівняння обираємо [13]:

- 2-камерний 32 мм зі звичайним склом склопакет, має опір теплопередачі $R_0^B = 0.47 \left(\frac{\text{м}^2\text{ }^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right)$;

- 2-камерний 32 мм з двома і-стеклами, заповнення аргонем 2-х камер 2 склопакет, який має опір теплопередачі $R_0^B = 1.14 \left(\frac{\text{м}^2\text{ }^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right)$.

Зображено опір теплопередачі звичайного вікна та енергозберігаючого (рис 2.4).

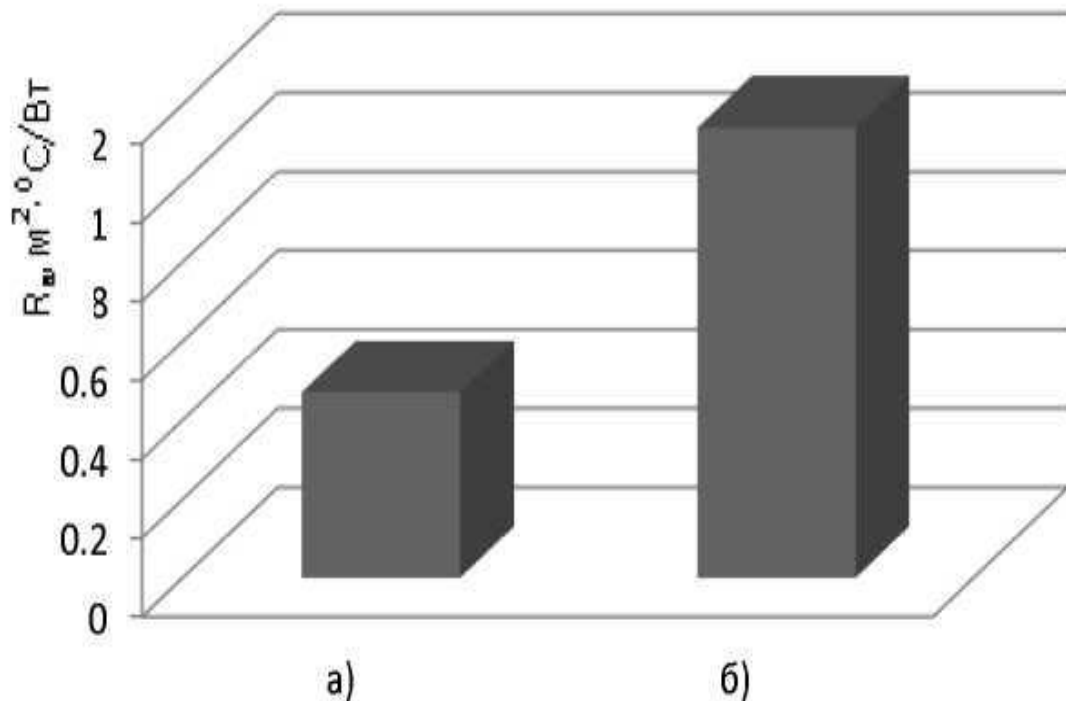


Рисунок 2.4 Опір теплопередачі вікна: а) зі звичайним склопакетом;

б) енергозберігаючим склопакетом

Розраховує тепловтрати через вікно за формулою (2.4):

Для звичайного вікна:

$$Q_{\text{ВК}}^1 = N \frac{1}{R} F (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) n = 1 \frac{1}{0.47} 20.16 (15 + 21) = 1544.2, (\text{Вт})$$

Для енергозберігаючого вікна:

$$Q_{\text{вк}}^1 = N \frac{1}{R} F(t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) n = 1 \frac{1}{1.14} 20.16(15 + 21) = 636.6, (\text{Вт})$$

Так, заміна звичайних вікон на енергозберігаючі може бути дуже доцільною. Зниження загальних тепловтрат в два рази може значно зменшити витрати на опалення та кондиціонування приміщення. Це не тільки дозволяє зекономити кошти, але й сприяє створенню більш комфортного та екологічно чистого середовища в будинку.

2.3 Данні для розрахунку системи кондиціонування та вентиляції

В магістерській кваліфікаційній роботі планується впровадження інноваційних енергоефективних заходів у спортивно-оздоровчому комплексі, розташованому в центрі міста Умань.

Загальна площа комплексу становить 6363,84 м², а будівля має чотири поверхи: підвал (-2.200 м), перший поверх (+2.000 м), другий поверх (+6.200 м) і третій поверх (+10.400 м). При проектуванні об'єкта було враховано встановлення енергоефективних вікон та передбачено систему вентиляційних каналів.

Кліматичні умови міста Умані визначаються наступним чином: середня температура найтеплішої п'ятиденки становить +23 °С, середня температура найхолоднішої п'ятиденки -21 °С, середня температура холодної доби -26 °С, швидкість вітру складає 3,6 м/с, вологість - 77%, а тривалість опалювального періоду - 189 днів.

Параметри внутрішнього повітря приміщень будуть враховані відповідно до стандартів та залежно від призначення приміщень, як це визначено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1- Параметри внутрішнього повітря приміщень

№ прим.	Найменування приміщення	Вологість, %	Температура, °С
Підвал			
002	Приміщення охорони	30-60	19
003	Тренажерний зал		16
004	Приміщення персоналу		19
006	Санвузол		21
011	Роздягальня		24
012	Душова		24
Перший поверх			
103	Зала реєстрації та продажу товарів	30-60	16
104	Приміщення персоналу		17
107	Санвузол		21
108	Роздягальня		24
Другий поверх			
202	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	30-60	19
203	Душова		24
204	Санвузол		201

205	Роздягальня		24
Третій поверх			
302	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	30-60	19

2.4 Моделювання параметрів повітря для системи вентиляції та кондиціонування

Моделювання параметрів повітря для системи вентиляції та кондиціонування передбачає аналіз та оптимізацію умов внутрішнього середовища в будівлі. Це включає в себе визначення вимог до температури, вологості та чистоти повітря для забезпечення комфортних умов для праці та відпочинку користувачів приміщень.

Моделювання включає в себе розрахунок оптимальних параметрів вентиляції та кондиціонування для забезпечення необхідного рівня комфорту та енергоефективності. Це може включати в себе розрахунки щодо обсягу потреби у вентиляції, вибір системи кондиціонування повітря, розрахунки потужності обладнання та розподілу повітряних потоків в приміщеннях.

Моделювання також може враховувати вплив зовнішніх факторів, таких як кліматичні умови та зовнішній повітряний середовища, на ефективність системи вентиляції та кондиціонування. Результатом моделювання є розробка оптимального проекту системи вентиляції та кондиціонування, що відповідає вимогам енергоефективності та комфорту користувачів будівлі.

Теплонадходження через заповнення світлових прорізів. Кількість тепла, яка надходить через світлові прорізи за рахунок інсоляції визначається за формулою [15]:

$$Q = (q_1 F_{01} + q_2 F_{02}) \beta_{с.п.} * k_0, (Вт), \quad (2.14)$$

де F_{01} - площа світлового прорізу, який опромінюється прямим сонячним випромінюванням, м^2 ;

F_{02} - площа світлового прорізу, який не опромінюється прямим сонячним випромінюванням, м^2 ;

k_0 - коефіцієнт, який залежить від типу скління;

$\beta_{\text{с.п.}}$ - коефіцієнт пропускання сонячної радіації сонцезахисними пристроями;

q_1 та q_2 - відповідно кількість тепла, яка надходить через одинарне скління світлових прорізів при прямому і розсіяному сонячному випромінюванню, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$:

$$q_1 = (q_{\text{в.р.}} + q_{\text{в.п.}})k_1k_2 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right), \quad (2.15)$$

$$q_2 = q_{\text{в.р.}}k_1k_2 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right), \quad (2.16)$$

де $q_{\text{в.р.}}$ - надходження тепла через вертикальне скління від розсіяного сонячного випромінювання, $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right)$;

$q_{\text{в.п.}}$ - надходження тепла через одинарне скління від прямого випромінювання, $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right)$;

k_1 - коефіцієнт, який враховує затемнення прорізів віконними рамами;

k_2 - коефіцієнт, який враховує забрудненість скла.

Тренажерний зал (003):

Для південного фасаду: $F_{01}=8,4 \text{ м}^2$, $F_{02}= 0 \text{ м}^2$.

Розрахунок теплонадходжень для 13-14 години:

$$q_1 = (374 + 135) * 0,8 * 0,95 = 386,6 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$q_2 = 135 * 0,8 * 0,95 = 102,36 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$Q = (386,6 * 8,4 + 102,36 * 0) * 0,9 * 1 = 2929,25 \text{ (Вт)}.$$

Приміщення персоналу (004):

Для південного фасаду: $F_{01} = 1,2 \text{ м}^2$, $F_{02} = 0 \text{ м}^2$.

Розрахунок теплонадходжень для 13-14 години:

$$q_1 = (374 + 135) * 0,8 * 0,95 = 386,6 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$q_2 = 135 * 0,8 * 0,95 = 102,36 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$Q = (386,6 * 1,2 + 102,36 * 0) * 0,9 * 1 = 417,6 \text{ (Вт)}.$$

Зала реєстрації та продажу товарів (103):

Для південного фасаду: $F_{01} = 20,16 \text{ м}^2$, $F_{02} = 0 \text{ м}^2$.

Розрахунок теплонадходжень для 13-14 години:

$$q_1 = (374 + 136) * 0,8 * 0,95 = 387,6 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$q_2 = 136 * 0,8 * 0,95 = 103,36 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$Q = (387,6 * 20,16 + 103,36 * 0) * 0,9 * 1 = 7032,6 \text{ (Вт)}.$$

Приміщення персоналу (104):

Для південного фасаду: $F_{01} = 2,88 \text{ м}^2$, $F_{02} = 0 \text{ м}^2$.

Розрахунок теплонадходжень для 13-14 години:

$$q_1 = (374 + 135) * 0,8 * 0,95 = 386,6 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$q_2 = 135 * 0,8 * 0,95 = 102,36 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$Q = (386,6 * 2,88 + 102,36 * 0) * 0,9 * 1 = 7031,6 \text{ (Вт)}.$$

Душова (108):

Для південного фасаду: $F_{01} = 2,88 \text{ м}^2$, $F_{02} = 0 \text{ м}^2$.

Розрахунок теплонадходжень для 13-14 години:

$$q_1 = (374 + 135) * 0,8 * 0,95 = 386,6 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$q_2 = 135 * 0,8 * 0,95 = 102,36 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$Q = (386,6 * 2,88 + 102,36 * 0) * 0,9 * 1 = 1115,6 \text{ (Вт)}.$$

Приміщення фізкультурно - оздоровчих занять (202):

Для південного фасаду: $F_{01} = 8,64 \text{ м}^2$, $F_{02} = 0 \text{ м}^2$.

Розрахунок теплонадходжень для 13-14 години:

$$q_1 = (374 + 135) * 0,8 * 0,95 = 386,6 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$q_2 = 135 * 0,8 * 0,95 = 102,36 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$Q = (386,6 * 8,64 + 102,36 * 0) * 0,9 * 1 = 3012,65 \text{ (Вт)}.$$

Роздягальня (205):

Для південного фасаду: $F_{01} = 2,88 \text{ м}^2$, $F_{02} = 0 \text{ м}^2$.

Розрахунок теплонадходжень для 13-14 години:

$$q_1 = (374 + 135) * 0,8 * 0,95 = 386,6 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$q_2 = 135 * 0,8 * 0,95 = 102,36 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$Q = (386,6 * 2,88 + 102,36 * 0) * 0,9 * 1 = 1115,6 \text{ (Вт)}.$$

Приміщення фізкультурно - оздоровчих занять (302):

Для південного фасаду: $F_{01} = 8,64 \text{ м}^2$, $F_{02} = 0 \text{ м}^2$.

Розрахунок теплонадходжень для 13-14 години:

$$q_1 = (374 + 135) * 0,8 * 0,95 = 386,6 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$q_2 = 135 * 0,8 * 0,95 = 102,36 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$Q = (386,6 * 8,64 + 102,36 * 0) * 0,9 * 1 = 3012,65 \text{ (Вт)}.$$

Теплонадходження від джерел освітлення.

Тепловий випромінювальний потік від джерел штучного освітлення (ламп) можна розрахувати за допомогою наступної формули [15]:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{ламп}} * n, \text{ (Вт)}, \quad (2.17)$$

де N - потужність однієї лампи, Вт;

n - кількість ламп в приміщенні.

Приміщення охорони (002): $Q_{\text{осв}} = 150 \cdot 2 = 300$ (Вт).

Тренажерний зал (003): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 16 = 3200$ (Вт).

Приміщення персоналу (004): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 2 = 400$ (Вт).

Санвузол (006): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 1 = 200$ (Вт).

Роздягальня (011): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 2 = 400$ (Вт).

Душова (012): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 1 = 200$ (Вт).

Зала реєстрації та продажу (103): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 26 = 3200$ (Вт).

Приміщення персоналу (104): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 2 = 400$ (Вт).

Санвузол (107): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 1 = 200$ (Вт).

Роздягальня (108): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 2 = 400$ (Вт).

Приміщення фізкультурно - оздоровчих занять (202): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 20 = 4000$ (Вт).

Душова (203): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 1 = 200$ (Вт).

Санвузол (204): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 1 = 200$ (Вт).

Роздягальня (205): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 2 = 400$ (Вт).

Приміщення фізкультурно - оздоровчих занять (302): $Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 20 = 4000$ (Вт).

Теплонадходження від відвідувачів та персоналу.

Кількість тепла, яке виділяється людиною, у тренажерному залі у підвалі, розрахованому на 40 відвідувачів та 4 працівників з середньою важкістю роботи, можна обчислити за допомогою наступної формули [15]:

$$\Delta Q_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n N_i q_i, (\text{Вт}), \quad (2.18)$$

де q_i - питоме виділення теплоти однією людиною при даній інтенсивності навантаження, Вт;

N - кількість людей в приміщенні з даною інтенсивністю навантаження, люд.

Визначаємо кількість явного тепла, яка виділяється людьми:

- для ХПР: $Q=120*40+1204= 3080(\text{Вт})$;
- для ТПР: $Q=105*40+1054= 4620(\text{Вт})$;

Визначаємо кількість прихованого тепла, яка виділяється людьми:

- для ХПР: $Q=87*40+874= 3828(\text{Вт})$;
- для ТПР: $Q=100*40+1004= 4400(\text{Вт})$;

Визначаємо кількість повного тепла, яка виділяється людьми:

- для ХПР: $p=3080+3828=6908(\text{Вт})$;
- для ТПР: $Q=4620+4400= 9020(\text{Вт})$;

Так само визначаємо кількість тепла, що виділяється відвідувачами та персоналом у інших приміщеннях. Результати цих розрахунків наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Теплонадходження від людей в приміщеннях будівлі

№ прим.	Найменування приміщення	Період року	Теплонадходження, Вт		
			Явне	Прихов.	Повне
Підвал					
002	Приміщення охорони	ХПР	240	173	413
		ТПР	211	200	411
003	Тренажерний зал	ХПР	3080	3827	6907
		ТПР	4621	4400	9021
004	Приміщення персоналу	ХПР	360	263	622
		ТПР	314	300	614
006	Санвузол	ХПР	240	173	413

		ТПР	211	200	411
011	Роздягальня	ХПР	960	695	1655
		ТПР	841	800	1641
012	Душова	ХПР	240	173	413
		ТПР	211	200	411
Перший поверх					
103	Зала реєстрації та продажу товарів	ХПР	6480	4697	11177
		ТПР	5671	5400	11071
104	Приміщення персоналу	ХПР	360	262	622
		ТПР	313	300	613
107	Санвузол	ХПР	240	173	414
		ТПР	211	200	412
108	Роздягальня	ХПР	1200	870	2075
		ТПР	1055	1000	2055
Другий поверх					
202	Приміщення фізкультурно-оздорових занять	ХПР	6480	4697	11177
		ТПР	5675	5400	11075
203	Душова	ХПР	240	173	4143

		ТПР	211	200	411
204	Санвузол	ХПР	240	173	413
		ТПР	211	200	411
205	Роздягальня	ХПР	1200	875	2075
		ТПР	1055	1000	2055
Третій поверх					
302	Приміщення фізкультурно-оздорових занять	ХПР	6480	4697	11177
		ТПР	5675	5400	11075

Розрахунок надходжень вологи в приміщення

Надходження вологи в приміщення визначають як суму випаровування від людей та відкритих вільних поверхонь. Кількість вологи, яка надходить в приміщення від людей, обчислюється за допомогою формули [15]:

$$\Delta W_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n N_i w_i \left(\frac{\text{г}}{\text{год}} \right), \quad (2.19)$$

де W_i - питоме виділення вологи однією людиною при даній інтенсивності навантаження;

де N_i - кількість людей в приміщенні з даною інтенсивністю навантаження, люд.

Кількість вологи, яка надходить в приміщення від людей тренажерного залу:

- для ХПР: $\Delta W_{\text{л}} = 125 * 44 = 5500$ (г/год); (2.20)

- для ТПР: $\Delta W_{\text{л}} = 140 * 44 = 6160$ (г/год). (2.21)

Так само визначаємо кількість вологи, яка надходить в інші приміщення будівлі. Результати цих розрахунків наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Вологонадходження від людей в приміщеннях будівлі

№ прим	Найменування приміщення	Вологонадходження, г/год	
		ХПР	ТПР
Підвал			
002	Приміщення охорони	255	285
003	Тренажерний зал	5505	6165
004	Приміщення персоналу	375	425
006	Санвузол	255	285
011	Роздягальня	1010	1130
012	Душова	255	285
Перший поверх			
103	Зала реєстрації та продажу товарів	6755	7565
104	Приміщення персоналу	375	425
107	Санвузол	2505	285
108	Роздягальня	1260	1410
Другий поверх			
202	Приміщення фізкультурно-оздорових занять	6755	7565

203	Душова	250	285
204	Санвузол	250	285
205	Роздягальня	1210	1410
Третій поверх			
302	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	6755	7565

Теплонадходження через зовнішні конструкції спортивно - оздоровчого комплексу

Середньодобове значення надходжень тепла через зовнішні конструкції, Вт:

$$Q = k(t_{ум} - t_{вн})F; \quad (2.22)$$

$$t_{ум} = t_{зов} + \Delta t_p;$$

$$\Delta t_p = p * q / \alpha_{зов},$$

де k - приведений коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$ [15];

Δt_p - температурна добавка, еквівалентна дії сонячної радіації, °С;

$t_{ум}$ - умовна температура зовнішнього повітря, °С;

$t_{вн}$, $t_{зов}$ - зовнішня та внутрішня розрахункові температури для теплого періоду року, °С;

p - коефіцієнт поглинання тепла сонячної радіації поверхнею;

q - середньодобова інтенсивність сумарної сонячної радіації, $\text{Вт}/\text{м}^2$

$\alpha_{зов}$, - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$;

F - площа огорожувальної конструкції, м^2 .

Зала реєстрації та продажу товарів (103):

Для стіни південного напрямку:

$$k_{cm} = \frac{1}{R_H} = \frac{1}{3,916} = 0,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$\Delta t_p = 0,7 * 942 / 23 = 28,66^\circ \text{C}, p=0,7\text{-бетон}$$

$$t_{ym} = 23 + 28,66 = 51,66^\circ \text{C},$$

$$Q_{cm} = 0,25(51,66 - 15) * 88,2 = 923,83 \text{ Вт}.$$

Для північного напрямку:

$$\Delta t_p = 0,7 * 310 / 23 = 9,4^\circ \text{C},$$

$$t_{ym} = 23 + 9,4 = 32,4^\circ \text{C},$$

$$Q_{cm} = 0,25(32,4 - 15) * 73,5 = 365,4 \text{ Вт};$$

$$Q_{заг}^{ст} = 923,83 + 365,4 = 1289,23 \text{ Вт}.$$

Аналогічно визначаємо теплонадходження через зовнішні конструкції в інші приміщення будівлі. Результати розрахунків наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4-Теплонадходження через зовнішні конструкції

№ прим.	Найменування приміщення	Зовнішні конструкції	Сторона світу	Теплонадходження, Вт	Загальні теплонадходження, Вт
Перший поверх					
103	Зала реєстрації та продажу товарів	Стіни	Пд	923,82	1289,22
			Пн	365,3	
104	Приміщення персоналу	Стіни	Пд	109,04	109,04
107	Санвузол	Стіни	Пд	45,57	45,54
108	Роздягальня	Стіни	Пд	79,97	138,35
			Сх	58,37	

Другий поверх					
202	Приміщення фізкультурно- оздоровчих занять	Стіни	Пд	496,83	5147,17
			Пн	495,92	
			Пд-3х	4154,42	
203	Душова	Стіни	Пд	54,37	54,37
204	Санвузол	Стіни	Пд	56,97	56,97
205	Роздягальня	Стіни	Пд	79,97	138,35
			Сх	58,37	
Третій поверх					
302	Приміщення фізкультурно- оздоровчих занять	Стіни	Пд	496,83	5147,17
			Пн	495,94	
			Пд-3х	4154,43	
	Покриття	-	4163,72	4163,72	

2.5 Моделювання втрат тепла приміщень спортивно - оздоровчого комплексу

Втрати тепла через зовнішні огороження

Втрати тепла для тренажерного залу, номер приміщення 003, визначаються за формулою (2.3):

$$Q_{\text{ст}}^{\text{пд}} = \frac{1}{3.3} * 88,2 * (16 - 5) * 1,0 = 330,9(\text{Вт}).$$

$$Q_{\text{ст}}^{\text{пн}} = 1 - 98,7 - (16 - 5) - 1,1 = 407,3(\text{Вт}).$$

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{ст}}^{\text{зх}} + Q_{\text{ст}}^{\text{пд}} = 330,9 + 407,3 = 738,2(\text{Вт}).$$

Так само враховуємо тепловтрати через зовнішні огороження в інші приміщення будівлі. Результати цих розрахунків представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5-Тепловтрати через зовнішні огороження

№ прим.	Найменування приміщення	Зовнішн і огороження	Сторона світу	Тепловтра ти, Вт	Загальні тепловтрати, Вт
Підвал					
002	Приміщення охорони	Стіни	Пн	95,03	136,653
			Зх	41,5	
003	Тренажерний зал	Стіни	Пд	330,98	738,38
			Пн	407,4	
004	Приміщення персоналу	Стіни	Пд	42,53	42,53
006	Санвузол	Стіни	Пн	44,1	44,1
011	Роздягальня	Стіни	Пн	48,1	120,0
			Сх	72,1	
012	Душова	Стіни	Пн	53,4	53,4
Перший поверх					
103	Зала реєстрації та продажу товарів	Стіни	Пд	810,9	1554,2
			Пн	743,3	
104	Приміщення персоналу	Стіни	Пд	127,62	127,62

107	Санвузол	Стіни	Пд	59,62	59,62
108	Роздягальня	Стіни	Пд	139,38	354,06
			Сх	214,8	
Другий поверх					
202	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	Стіни	Пд	581,41	3350,26
			Пн	1492,5	
			Пд-3х	1276,33	
203	Душова	Стіни	Пд	94,77	94,77
204	Санвузол	Стіни	Пд	83,62	83,62
205	Роздягальня	Стіни	Пд	139,38	354,04
			Сх	214,5	
Третій поверх					
302	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	Стіни	Пд	581,43	3350,24
			Пн	1492,3	
			Пд-3х	1276,39	

Втрати тепла через вікна

Аналогічно розраховуємо втрати тепла через вікна приміщень спортивно-оздоровчого комплексу під час холодного періоду року (2.4):

Тренажерний зал (003):

$$Q_{\text{ВК}}^{\text{Пд}} = 1 * \frac{1}{1,14} * 8,4 * (16 + 21) * 1,0 = 436,7(\text{Вт}).$$

Приміщення персоналу (004):

$$Q_{\text{ВК}}^{\text{пд}} = 1 * \frac{1}{1,14} * 1,2 * (18 + 21) * 1,0 = 62,3 \text{ (Вт)}.$$

Зала реєстрації та продажу товарів (103):

$$Q_{\text{ВК}}^{\text{пд}} = 1 * \frac{1}{1,14} * 20,15 * (15 + 21) * 1,0 = 636,5 \text{ (Вт)}.$$

Приміщення персоналу (104):

$$Q_{\text{ВК}}^{\text{пд}} = 1 * \frac{1}{1,14} * 2,87 * (18 + 21) * 1,0 = 149,75 \text{ (Вт)}.$$

Роздягальня (108):

$$Q_{\text{ВК}}^{\text{пд}} = 1 * \frac{1}{1,14} * 2,87 * (25 + 21) * 1,0 = 176,63 \text{ (Вт)}.$$

Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять (202):

$$Q_{\text{ВК}}^{\text{пд}} = 1 * \frac{1}{1,14} * 8,63 * (18 + 21) * 1,0 = 449,27 \text{ (Вт)}.$$

Роздягальня (205):

$$Q_{\text{ВК}}^{\text{пд}} = 1 * \frac{1}{1,14} * 2,87 * (25 + 21) * 1,0 = 176,63 \text{ (Вт)}.$$

Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять (302):

$$Q_{\text{ВК}}^{\text{пд}} = 1 * \frac{1}{1,14} * 8,64 * (18 + 21) * 1,0 = 449,27 \text{ (Вт)}.$$

Втрати тепла через підлогу через підлогу.

Згідно з «ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель» проводимо розрахунок втрат тепла через підлогу спортивно-оздоровчого комплексу:

$$Q_{\text{зар}} = N * \frac{1}{R_0^{\text{пр}}} * F * (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) * n, \text{ (Вт)} \quad (2.23)$$

де $R_0^{\text{пр}} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$ опір теплопередачі відповідає нормативному;

N - коефіцієнт, що враховує додатковий захист огорожувальних конструкцій від зовнішніх температур;

F - площа стелі м² ;

n - додаткові тепловтрати %.

Тепловтрати в холодний період року.

Приміщення охорони (002):

$$Q_{\text{відл}} = 0,6 * \frac{1}{4,95} * 8,64 * (18 - 5) * 1,1 = 14,7 \text{ (Вт)}.$$

Тренажерний зал (003):

$$Q_{\text{відл}} = 0,6 * \frac{1}{4,95} * 274,5 * (16 - 5) * 1,1 = 475,8 \text{ (Вт)}.$$

Приміщення персоналу (004):

$$Q_{\text{відл}} = 0,6 * \frac{1}{4,95} * 15,90 * (18 - 5) * 1,1 = 27,57 \text{ (Вт)}.$$

Санвузол (006):

$$Q_{\text{відл}} = 0,6 * \frac{1}{4,95} * 2,83 * (18 - 5) * 1,1 = 5,65 \text{ (Вт)}.$$

Роздягальня (011):

$$Q_{\text{відл}} = 0,6 * \frac{1}{4,95} * 5,34 * (18 - 5) * 1,1 = 14,23 \text{ (Вт)}.$$

Душова (012):

$$Q_{\text{відл}} = 0,6 * \frac{1}{4,95} * 2,78 * (18 - 5) * 1,1 = 7,43 \text{ (Вт)}.$$

2.6 Розрахунок повітрообміну у приміщеннях

Для розрахунку повітрообміну необхідно визначити:

1. Кількість шкідливих викидів в приміщення за 1 годину.
2. Допустиму кількість шкідливих речовин в 1 м³ повітря приміщення.
3. Кількість шкідливих викидів в 1 м³ повітря, що подається в приміщення.

Повітрообмін
 приміщеннях громадських $У$ $\frac{кДж}{кг \cdot К}$

будівель визначають за кратністю повітрообміну або за встановленою нормою повітрообміну на одну людину.

Для розрахунку кратності повітрообміну в приміщенні використовується формула:

$$k = \frac{L}{V_n}, (\text{год}^{-1}) \quad (2.24)$$

де V_n - внутрішній об'єм приміщення, м^3 ;

L - об'єм вентиляційного повітря $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$;

Розраховуємо повітрообмін за надлишками тепла за формулою [16]:

$$L = \frac{3.6 * Q_{\text{надл}}}{\rho * c * (t_{\text{вид}} - t_{\text{пр}})}, \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right), \quad (2.25)$$

де $Q_{\text{надл}}$ - кількість тепла, яке виділяється в приміщенні, Вт;

c - масова теплоємність повітря,

ρ - густина повітря в приміщенні, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$t_{\text{вид}}$ — температура повітря, що видаляється витяжною вентиляцією, $^{\circ}\text{C}$;

$$t_{\text{вид}} = t_{\text{пр}} + k_m (t - t_{\text{пр}}), (^{\circ}\text{C}); \quad (2.26)$$

$t_{\text{пр}}$ - температура припливного повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Для визначення повітрообміну за надлишками вологи в приміщенні використовується формула [16]:

$$L = \frac{W}{\rho * (d_{\text{вид}} - d_{\text{пр}})}, \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right), \quad (2.27)$$

де ρ - густина повітря в приміщенні, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

W – виділення вологи в приміщення, $\frac{\text{г}}{\text{год}}$

d_{eud} - вміст вологи, що видаляється місцевою вентиляцією, $\frac{\text{г}}{\text{кг}}$ сухого повітря;

d_{np} - вміст вологи в припливному повітрі, $\frac{\text{г}}{\text{кг}}$ сухого повітря.

Визначаємо обмін повітря через викиди газів за допомогою формули [16]:

$$L_k = \frac{K}{K_{\text{доп}} - K_{\text{пр}}}, \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right), \quad (2.28)$$

де K - вагова кількість газів, що виділяються в приміщенні, $\frac{\text{мг}}{\text{год}}$;

$K_{\text{доп}}$ - гранично допустима концентрація газів, $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$;

$K_{\text{пр}}$ - концентрація газів в припливному повітрі, $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$.

Розрахунок повітрообміну у тренажерному залі (003) включає в себе всі шкідливі викиди в приміщенні. Береться максимальне значення серед цих викидів, але воно повинно бути не менше ніж нормальний повітрообмін для даного типу приміщення.

Для визначення необхідної кількості повітря за надлишками тепла використовується формула:

$$\text{-для ХПР: } L_m = \frac{3.6 \cdot 845.1}{1.2 \cdot 1.005 \cdot (23 - 16)} = 3605.4 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right);$$

$$\text{-для ТПР: } L_m = \frac{3.6 \cdot 15150.23}{1.2 \cdot 1.005 \cdot (23 - 16)} = 6460.4 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right);$$

$$\text{де } t_{\text{вуд}} = t_{\text{пр}} + \kappa_m (t - t_{\text{пр}}) = 16 + 1 \cdot (23 - 16) = 23 (\text{°C})$$

Необхідний повітрообмін за надлишками вологи в приміщенні визначається за формулою:

$$\text{-для ХПР: } L_v = \frac{5500}{1.2 \cdot (10.4 - 0.5)} = 458.3 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right);$$

$$\text{-для ТПР: } L_v = \frac{6160}{1.2 \cdot (21 - 10.4)} = 488.8 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right).$$

Визначаємо необхідний повітрообмін за санітарними нормами.

За санітарними нормами на 1 людину повинно подаватися $80 \text{ м}^3/\text{год}$.

Тренажерний зал розрахований на 44 чоловіка, отже[16]:

$$L_c = 80 * 44 = 3520 \left(\frac{m^3}{год} \right) \quad (2.29)$$

Кількість повітря повинна бути забезпечена відповідно до кратності повітрообміну: двічі для припливної вентиляції та тричі для витяжної:

$$L_k = k * V = 2 * 1098 = 2196 \left(\frac{m^3}{год} \right) \quad (2.230)$$

$$L_k = k * V = 3 * 1098 = 3294 \left(\frac{m^3}{год} \right)$$

Результати розрахунків повітрообміну наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Повітрообмін в приміщеннях будівлі

№ прим	Найменування приміщення	Об'єм, V, м ³	П.Р.	Повітрообмін, м ³ /год			
				Lm	Lb	Lc	Lk
Підвал							
002	Приміщення охорони	34,16	ХПР	335,7	20,7	0	68,31
			ТПР	423,87	22,1	0	68,32
003	Тренажерний зал	1098	ХПР	3606,1	458,2	3521	2195
			ТПР	6460,5	488,7	3521	2195
004	Приміщення персоналу	63,6	ХПР	530,3	31,2	0	127,1
			ТПР	855,7	33,1	0	127,21
006	Санвузол	11,32	ХПР	561,52	20,7	200	0
			ТПР	606,98	22,1	200	0
011	Роздягальня	21,36	ХПР	2868,2	83,3	0	42,72

			ТПР	3044,0	88,8	0	42,72
012	Душова	11,12	ХПР	825,8	20,8	0	111,2
			ТПР	910,4	22,2	0	111,2
Перший поверх							
103	Зала реєстрації та продажу товарів	950,4	ХПР	4348,49	562,5	3240	1900,8
			ТПР	8429,7	600	3240	1900,8
104	Приміщення персоналу	63,6	ХПР	443,9	31,25	0	127,2
			ТПР	605,9	33,3	0	127,2
107	Санвузол	8,24	ХПР	551,6	20,8	200	0
			ТПР	1763,0	22,2	200	0
108	Роздягальня	35,76	ХПР	2894,4	104,1	0	71,52
			ТПР	3863,2	111,1	0	71,52
Другий поверх							
202	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	1424,2	ХПР	6793,2	562,4	4320	0
			ТПР	13868	600	4320	0
203	Душова	11,08	ХПР	774,91	20,7	0	111,1
			ТПР	991,5	22,1	0	111,1
204	Санвузол	10,2	ХПР	527,33	20,7	200	0
			ТПР	664,6	22,1	200	0
205	Роздягальня	35,76	ХПР	2895,4	105,1	0	71,55
			ТПР	5521,3	112,1	0	71,55

Третій поверх							
302	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	1239,2	ХПР	5832,3	562,4	4320	0
			ТПР	138698	600	4320	0

Після розрахунку розрахункового повітрообміну для приміщень спортивно-оздоровчого комплексу складається повітряний баланс, щоб визначити потрібну кількість подачі та відведення повітря з кожного приміщення. Результати повітряного балансу приміщень наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Повітряний баланс приміщень будівлі

№ прим	Найменування приміщення	Об'єм, V, м ³	Витяжка		П		иплив		Примітки
			повітро п.	Витрата повітря за год.	повітро п.	Витрата повітря за год.	Витрата повітря за год.		
Підвал									
002	Приміщення охорони	34,16	2	334,8	-	-	-	-	природня
003	Тренажерний зал	1098	2	6460,4	3	6460,4	-	-	П-1 В-1
004	Приміщення персоналу	63,6	2	855,7	-	-	-	-	природня
006	Санвузол	11,32	-	200	-	-	-	-	витяжна вентиляція
011	Роздягальня	21,36	2	42,73	-	-	-	-	витяжна вентиляція
012	Душова	11,12	2	111,2	-	-	-	-	витяжна вентиляція
Перший поверх									

103	Зала реєстрації та продажу товарів	950,4	2	8428,7	2	8428,7	П-1 В-1
104	Приміщення персоналу	63,6	2	605,8	-	-	природня
107	Санвузол	8,24	-	200	-	-	вितяжна вентиляція
108	Роздягальня	35,76	2	71,51	-	-	вितяжна вентиляція
Другий поверх							
202	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	1424,2	-	13868	-	13868	ПВ-1
203	Душова	11,08	10	111,2	-	-	вितяжна вентиляція
204	Санвузол	10,2	-	200	-	-	вितяжна вентиляція
205	Роздягальня	35,76	2	71,51	-	-	витяжна вентиляція
Третій поверх							
302	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	1239,2	-	13868	-	13868	ПВ-1

Розрахунок повітророзподілення.

В тренажерному залі повітря подається безпосередньо в робочу зону і видаляється з верхньої зони приміщення.

Для припливної вентиляції використовуються повітропроводи, розміщені вздовж більшої сторони приміщення. В цих повітропроводах розташовані регульовані ґратки, через які і здійснюється повітророзподілення.

Для видалення повітря у верхній зоні влаштовані витяжні ґратки, рівномірно по всій площі приміщення. Рухливість повітря в зонах перебування осіб, які займаються, не повинна перевищувати: 0,5 м/с.

Припливна вентиляція:

$$L_p = 6460,6 \text{ (м}^3 \text{/год)},$$

$$L_p = 2,1 \text{ (кг/с)}.$$

PВ 2565-2, $F_0 = 0,09 \text{ м}^2$, $H=300 \text{ мм}$, $B=300 \text{ мм}$ [17].

Визначаємо кількість решіток:

$$n = \frac{L_p}{F_0 V_0} = \frac{2.1}{0.09 * 2.0} = 12 \text{ (шт)}. \quad (2.31)$$

де L_p - кількість повітря, що припадає на один повітророзподільник, $\text{м}^3/\text{год}$;

V_0 - швидкість виходу з повітророзподільника, $V = 1,7 \dots 2,1 \text{ м/с}$.

Робимо перевірку решіток на дальnobійність:

$$\frac{X_n}{\sqrt{F_0}} \leq m; \quad (2.32)$$

а) при постійних робочих місцях чи місцях постійного перебування людей знаходиться в межах прямої дії струмини:

$$v_x = v_{\text{норм}}, \quad (2.33)$$

$$t_x = t_{\text{норм}}, \quad (2.34)$$

б) при постійних робочих місцях чи місцях постійного перебування людей знаходиться поза прямої дії струмини:

$$v_x = v_{\text{норм}}, \quad (2.35)$$

$$t_{\text{ср}} = 2 * t_{\text{норм}}, \quad (2.36)$$

$$\text{Якщо } \frac{X_n}{\sqrt{F_0}} \geq m, \quad (2.37)$$

$$\text{то } v_x = \frac{m \cdot K_B \cdot \sqrt{F_0}}{X_n}, \quad (2.38)$$

$$t_0 = \frac{n \cdot K_B \cdot \sqrt{F_0}}{X_n}, \quad (2.39)$$

де X_n - відстань від місця виходу струмини до постійного робочого місця, м;

t_x - максимальна температура повітря в робочій зоні °С;

$t_{\text{норм}}$ - нормована температура повітря в робочій зоні °С;

v_x - максимальна швидкість руху повітря в робочій зоні м/с;

v - нормована швидкість руху повітря в робочій зоні м/с;

m, n - коефіцієнти затухання ненастилаючих струмин;

F_0 -- площа одного дифузора, м²;

K_g - поправочний коефіцієнт, що враховує взаємодію декількох однакових струмин.

$$\frac{1}{\sqrt{0,12}} \geq 1,35;$$

$$v_x = \frac{1,35 * 1 * \sqrt{0,12}}{1} = 0,46 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Кількість повітря, що проходить через одну решітку:

$$L_p = \frac{L_p}{n} = \frac{640,6}{12} = 538,38 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right) \quad (2.40)$$

Крок розташування решіток:

$$N = \frac{1}{n} l, (\text{м}), \quad (2.41)$$

де l - довжина повітророзподільного каналу, м.

$$N = \frac{19}{12} = 1,5 (\text{м}).$$

Проводиться розрахунок припливної та витяжної вентиляції для зали реєстрації та продажу товарів, а також для приміщень фізкультурно-оздоровчих занять. Результати цих розрахунків представлені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Повітророзподілення припливної та витяжної системи вентиляції

№ прим.	Назва приміщення		Тип решітки	Витрата повітря, м ³ /год	Розміри решітки, мм	Площа, м ²	Кількість, шт	Крок розташування, м
003	Тренажерний зал	П1	PВ 2565-2	6460,6	300x300	0,09	12	1,4
		В1	PВ 2565-2	6460,6	300x300	0,09	12	1,7
103	Зала реєстрації та продажу товарів	П2	PВ 2565-2	8429,7	300x400	0,12	12	1,4
		В2	PВ 2565-2	8429,7	300x400	0,12	12	1,4
202	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	ПВ1	PВ 2565-2	13869,0	300x500	0,15	14	1,4
			PВ 2565-2	13869,0	300x500	0,15	14	1,6
302	Приміщення фізкультурно-оздоровчих занять	ПВ1	PВ 2565-2	13869,0	600x300	0,18	14	1,4
			PВ 2565-2	13869,0	600x300	0,18	14	1,6

2.7 Підбір обладнання

На основі результатів аеродинамічного розрахунку обрано систему П1, яка повинна постачати 6450 м³/год повітря. Для цієї системи

використовуються сталеві прямокутні повітропроводи з розмірами від 150x300 до 600x650 мм. В якості вентиляційних решіток обрані РВ 2565-2 та РВ 3070-1Н.

Для забезпечення необхідного повітрообміну приміщень підвалу обрана підвісна припливна установка Systemair TA 7000HW з такими технічними характеристиками:

Продуктивність, м³/год - 7000.

Напруга/частота, Гц - 400.

Фазність - 3.

Потужність двигуна, Вт - 3160 Вт.

Запобіжник, А - 3x16.

Вага, кг - 335.

Фільтр припливного повітря - F5.

Для системи В1 обрано сталеві прямокутні повітропроводи з розмірами від 100x300 до 600x700 мм, а також вентиляційні решітки РВ 2565-2.

Для забезпечення повітрообміну приміщень підвалу витяжною системою В1 обрано каналний вентилятор VENTS ВКПФ 4Д 800x500 з наступними характеристиками:

Конструкція - відцентровий.

Тип двигуна - 380В/50Гц.

Фазність - 3.

Напруга, В - 400.

Частота, Гц - 50.

Продуктивність, м³/год - 8120.

Частота обертів, хв⁻¹ - 1140.

Рівень звукового тиску на відстані 3м, дБ(А) - 67.

Максимальна температура повітря, °С - -25 +40.

Клас захисту - ІР Х4.

Маса, кг - 74.

Розміри патрубків, мм - 800x500.

Для системи П2, в результаті аеродинамічного розрахунку, обрано сталеві прямокутні повітропроводи розмірами від 200x300 до 700x750 мм. Також підібрані вентиляційні решітки РВ 2565-2 та РВ 3070-1Н.

Необхідно постачати 8500 м³/год повітря в приміщення першого поверху. Для забезпечення повітрообміну обрано припливну підвісну установку Systemair TA 9000HW з такими характеристиками:

Продуктивність, м³/год - 7000.

Напруга/частота, Гц - 400.

Фазність - 3.

Потужність двигуна, Вт - 3160 Вт.

Запобіжник, А - 3x16.

Вага, кг - 335.

Фільтр припливного повітря - F5.

Для системи В2 використані сталеві прямокутні повітропроводи з розмірами від 400x300 до 700x750 мм, а також підібрані вентиляційні решітки РВ 2565-2.

Для забезпечення необхідного повітрообміну приміщень першого поверху обрано каналний вентилятор ВЕНТС ВКПФ 6Д 900x500 з такими характеристиками:

Конструкція - відцентровий.

Тип двигуна - 380В/50Гц.

Фазність - 3.

Напруга, В - 400.

Частота, Гц - 50.

Продуктивність, м³/год - 9540.

Частота обертів, хв⁻¹ - 930.

Рівень звукового тиску на відстані 3м, дБ(А) - 61.

Максимальна температура повітря, °С - -20 +55.

Клас захисту - IP X4.

Маса, кг - 90.

Розміри патрубкa, мм - 900x500.

Повітрообмін у приміщеннях другого та третього поверхів забезпечується припливно-витяжною системою загальнообмінної вентиляції ПВ1. Результати аеродинамічного розрахунку для цієї системи вказують на підбір повітропроводів розмірами від 300x300 до 1800x900 мм, а також вентиляційних решіток РВ 2565-2.

Для забезпечення повітрообміну у приміщеннях другого та третього поверхів обрано припливно-витяжну установку AV 35 R/SE/P/O-E-S-A з рекуператором тепла загальною продуктивністю 35000 м³/год. Ця установка призначена для зовнішнього виконання і оснащена пластинчастим рекуператором, електричним нагрівачем та шумоглушником.

Для забезпечення нормованого повітрообміну у санітарних вузлах підібрано каналні вентилятори ВКМц 150 з такими характеристиками:

Конструкція - відцентровий.

Тип двигуна - 225В/50Гц.

Напруга, В - 230.

Частота, Гц - 50.

Продуктивність, м³/год - 455.

Споживана потужність, Вт - 75.

Частота обертів, хв⁻¹ - 930.

Рівень звукового тиску на відстані 3м, дБ(А) - 46.

Максимальна температура повітря, °С - -25 +55.

Клас захисту - ІР Х4.

Маса, кг - 3,4.

Розміри патрубкa, мм - 150.

2.8 Висновок по розділу 2 :

В сучасний час ефективна економія енергетичних ресурсів стає все більш актуальною. Понад 30% енергоресурсів витрачається на опалення

житлових, громадських та виробничих будівель. Для досягнення ефективної енергозбереження в таких будівлях важливо зменшувати втрати тепла та використовувати сучасне обладнання.

Один з основних шляхів зменшення тепловтрат - підвищення теплоізоляції стін та вікон. Вакуумні панелі вибрано для теплоізоляції стін через їх високі теплотехнічні характеристики, які дозволяють значно зменшити товщину теплоізоляційного шару. Для вікон обрано енергозберігаючі склопакети, що мають високий термічний опір і забезпечують значне зменшення тепловтрат.

Ще одним способом зменшення витрат енергоресурсів є використання енергоефективного вентиляційного обладнання. Моделювання параметрів повітря приміщень та аеродинамічні розрахунки дозволили підібрати оптимальні повітророзподільники, повітропроводи та вентиляційне обладнання.

Для припливної вентиляції підвалу обрано підвісну припливну установку Systemair TA 7000HW, а для витяжної системи - VENTS ВКПФ 4Д 800x500. На другий поверх встановлено припливну установку Systemair TA 9000HW та витяжну систему - ВЕНТС ВКПФ 6Д 900x500. Для третього та четвертого поверхів обрано припливно-витяжну установку AV 35 R/SE/P/O-E-S-A з рекуператором тепла.

Для кондиціонування використовується система "чиллер-фанкойл". Обрано чиллер фірми Daikin EWYQ-DAYN 250, який забезпечує охолодження повітря влітку та підігрів узимку.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Аналіз обраної системи вентиляції та кондиціонування

Система вентиляції та кондиціонування для спортивно-оздоровчого комплексу в місті Умань призначена для створення сприятливого мікроклімату. Вона складається з наступних компонентів:

1. Сталеві оцинковані повітропроводи.
2. Пристрої для регулювання системи.
3. Припливні підвісні установки фірми Systemair TA 7000HW та 9000HW.
4. Канальні вентилятори фірми VENTS ВКПФ 4Д 800500 та 6Д 900500.
5. Припливно-витяжна установка ПВ1 з пластинчастим рекуператором тепла AV 35 R/SE/P/O-E-S-A.
6. Фанкойли фірми DAICHI FWA 02 СТ, 04 СТ та 06 ВТ.
7. Чиллер Daikin EWYQ-DAYN 250 для охолодження та підігріву повітря.

Підвісні установки Systemair TA 7000HW та 9000HW встановлені над підвісною стелею. Припливно-витяжна установка та холодильна машина чиллер встановлені на даху. Фанкойли монтуються в кожній кімнаті над підвісною стелею. Регулюючі клапани встановлюються на кожному поверсі.

Повітропроводи обираються оцинковані сталеві згідно ДСТУ 8940:2019. Кріплення здійснюється різними елементами фіксації, такими як хомути, підвіски чи опори. Для монтажу застосовуються рейки та кронштейни. Жалюзійні клапани встановлені на вході та виході системи вентиляції. Ізоляція повітропроводів здійснюється листами мінеральної вати фірми ROCKWOOL, яка має високий показник термічного опору та підвищену вогнестійкість.

Для забезпечення природної вентиляції використовуються витяжні канали, розташовані в стінах. Відомість потреби матеріалів, виробів та

обладнання складено на основі розрахунків та архітектурних особливостей об'єкту.

Згідно з «ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва.», перед початком монтажу вентиляційних систем на будівельному об'єкті потрібно здійснити певні підготовчі роботи:

1. Встановити кріплення на перекритті, стінах і перегородках у місцях, де будуть прокладені повітропроводи і встановлене вентиляційне обладнання.

2. Провести фундаментування та інші опорні конструкції для вентиляційного обладнання.

3. Встановити закладні деталі та опорні конструкції для кріплення повітропроводів, герметичних дверей та інших деталей вентиляційних систем.

4. Підготувати монтажні отвори і виносні майданчики для встановлення вентиляційного обладнання та великогабаритних деталей.

5. Забезпечити наявність штукатурки в місцях монтажу повітропроводів та вентиляційного устаткування.

6. Встановити електричне освітлення та силові щити для підключення електрозварювання на місцях виконання вентиляційних робіт.

Ці заходи можуть бути виконані на об'єкті одночасно або поетапно, згідно з вимогами проекту виконання робіт.

Результати аеродинамічного розрахунку використовуються для підбору необхідного обладнання та складання списку потрібних виробів, матеріалів і обладнання (див. Таблиця 3.1).

Таблиця 3.1- Відомість потреби виробів, матеріалів та обладнання

№	Назва матеріалу	Вимі рник	Кількість	Вага, кг	Заг. вага, кг
1	Підвісну припливну установку Systemair ТА 7000HW. Продуктивність - 7000 м ³ /год.	шт.	1	335	335

2	Припливна вентиляційна решітка РВ 2565-2 та РВ 3070-1Н .Розмір: 300х300мм та 750х700 мм.	шт.	13	0,65	8,45
3	Канальний вентилятор VENTS ВКПФ 4Д 800х500. Продуктивність - 8120 м ³ /год.	шт.	1	74	74
4	Витяжна вентиляційна решітка РВ 2565-2. Розмір: 300х300 мм.	шт.	12	0,65	7,8
5	Припливну підвісну установку Systemair ТА 9000НВ. Продуктивність - 8500 м ³ /год.	шт.	1	335	335
6	Припливна вентиляційна решітка РВ 2565-2 та РВ 3070-1Н. Розмір: 300х400 мм та 750х700 мм.	шт.	13	0,65	8,45
7	Канальний вентилятор ВЕНТС ВКПФ 6Д 900х500. Продуктивність - 9540 м ³ /год.	шт.	1	90	90
8	Витяжна вентиляційна решітка РВ 2565-2. Розмір: 300х400 мм.	шт.	12	0,65	7,8
9	Припливно-витяжну установку AV 35 R/SE/P/O-E- S-A. Продуктивність - 35000 м ³ /год.	шт.	1	1839	1839
10	Автоматичний вентиляційний клапан, 800х500 мм; АВК	шт.	1	14,63	14,63
11	Витяжна вентиляційна решітка РВ 2565-2. Розмір: 300х500 - 600х300мм.	шт.	28	0,65	18,2
12	Припливна вентиляційна решітка РВ 2565-2. Розмір: Розмір: 300х300 - 600 х300мм.	шт.	28	0,65	18,2
13	Болти М12; ДБН В.2.6-198:2014	т	0,063	63	63
14	Болти М16; ДБН В.2.6-198:2014	т	0,087	87	87
15	Гайки М12; ДБН В.2.6-198:2014	т	0,054	54	54
16	Гайки М16; ДБН В.2.6-198:2014	т	0,068	68	68
17	Шайби; ДБН В.2.6-198:2014	т	0,035	35	35
18	Грунтовка ГФ-020	кг	52	1	52
19	Болти М12; ДБН В.2.6-198:2014	т	0,063	63	63
20	Болти М16; ДБН В.2.6-198:2014	т	0,087	87	87
21	Монтажна рейка, шириною 60 мм	м	50	0,8	39
22	Автоматичний вентиляційний клапан, 800х500мм; АВК	шт.	1	14,6	14,6
23	Клапан вогнезатримуючий, 480х390мм, RE2.0; КПВ -2.0-500х800Р	шт.	1	16,3	16,3
24	Канальні вентилятори ВКМц 150.	шт.	9	3,4	30,6

Продуктивність - 455 м ³ /год.					
25	Повітропроводи оцинковані сталеві, 150x150 мм; ГОСТ 8639-82	м	62	3,18	197,16
26	Анемостати А 150 ВРР. Розмір: 0 150 мм.	шт.	8	0,3	1,8
27	Труби звичайні водяні водопровідні 080мм	м	246	7,34	1805,64
28	Фанкойл FWC 06 BT	шт.	8	22	264
29	Фанкойл FWC 07 BT	шт.	8	23	276
30	Фанкойл FWAC 09 BT	шт.	8	26	728
31	Чиллер з вбудованим тепловим насосом фірми Daikin EWYQ-DAYN 250. Холодопродуктивність - 252 кВт. Теплопродуктивність - 281 кВт.	шт.	1	3342	3342
32	Клапан вогнезатримуючий, 480x390мм; RE2,0 КПВ -2.0-500x800P	шт.	1	16,3	16,3
33	Шумоглушник , L=2800мм RSA 300x300 мм	шт.	2	18	36
34	Повітропроводи оцинковані сталеві, 100x300 мм, ДСТУ 8940:20198	м	2,4	4,14	9,9
35	Повітропроводи оцинковані сталеві, 150x300 мм, ДСТУ 8940:2019	м	1,4	4,63	6,4
36	Повітропроводи оцинковані сталеві, 200x300 мм, ДСТУ 8940:2019	м	1,4	5,11	7,1
37	Повітропроводи оцинковані сталеві, 250x300 мм, ДСТУ 8940:2019	м	1,7	5,59	9,5
38	Повітропроводи оцинковані сталеві, 300x300 мм, ДСТУ 8940:2019	м	10,2	6,07	61,9
39	Повітропроводи оцинковані сталеві, 400x300 мм, ДСТУ 8940:2019	м	5,8	7,04	40,8
40	Повітропроводи оцинковані сталеві, 400x400 мм; ДСТУ 8940:2019	м	10,4	8,0	83,2
41	Повітропроводи оцинковані сталеві, 400x450 мм; ДСТУ 8940:2019	м	1,4	8,48	11,8
42	Повітропроводи оцинковані сталеві, 450x450 мм; ДСТУ 8940:2019	м	4,4	8,96	39,4
43	Повітропроводи оцинковані сталеві, 500x400 мм, ДСТУ 8940:2019	м	1,4	8,96	12,5
44	Повітропроводи оцинковані сталеві, 500x450 мм, ДСТУ 8940:2019	м	1,7	9,45	16,06
45	Повітропроводи оцинковані сталеві,	м	7,8	9,93	77,4

	500x500 мм, ДСТУ 8940:2019				
46	Повітропроводи оцинковані сталеві, 550x500 мм, ДСТУ 8940:2019	м	1,7	10,41	17,6
47	Повітропроводи оцинковані сталеві, 600x400 мм; ДСТУ 8940:2019	м	6	9,93	59,5
48	Повітропроводи оцинковані сталеві, 600x450 мм; ДСТУ 8940:2019	м	1,4	10,41	14,6
49	Повітропроводи оцинковані сталеві, 600x500 мм; ДСТУ 8940:2019	м	31,9	10,89	347,4
50	Повітропроводи оцинковані сталеві, 600x550 мм; ДСТУ 8940:2019	м	3,1	11,37	35,2
51	Повітропроводи оцинковані сталеві, 600x600 мм; ДСТУ 8940:2019	м	10,5	11,86	124,5
52	Повітропроводи оцинковані сталеві, 650x600 мм; ДСТУ 8940:2019	м	5,4	12,34	66,6
53	Повітропроводи оцинковані сталеві, 700x500 мм; ДСТУ 8940:2019	м	2,8	11,86	33,2
54	Повітропроводи оцинковані сталеві, 700x750 мм; ДСТУ 8940:2019	м	7,7	14,27	109,8
55	Повітропроводи оцинковані сталеві, 700x600 мм; ДСТУ 8940:2019	м	10,5	12,82	134,6
56	Повітропроводи оцинковані сталеві, 700x650 мм; Г ДСТУ 8940:2019	м	2,8	13,30	37,2
57	Повітропроводи оцинковані сталеві, 700x700 мм; ДСТУ 8940:2019	м	8,8	13,78	121,2
58	Повітропроводи оцинковані сталеві, 800x700 мм; ДСТУ 8940:2019	м	6	14,75	88,5
59	Повітропроводи оцинковані сталеві, 900x400 мм; ДСТУ 8940:2019	м	2,8	12,82	35,8
60	Повітропроводи оцинковані сталеві, 900x700 мм; ДСТУ 8940:2019	м	6	15,71	94,26
61	Повітропроводи оцинковані сталеві, 1000x700 мм; ДСТУ 8940:2019	м	4,6	16,68	76,7
62	Повітропроводи оцинковані сталеві, 1100x700 мм; ДСТУ 8940:2019	м	9,2	17,64	171,1
63	Повітропроводи оцинковані сталеві, 1200x700 мм; ДСТУ 8940:2019	м	27,8	18,60	517,0
64	Повітропроводи оцинковані сталеві, 1800x900 мм; ДСТУ 8940:2019	м	18	26,32	473,7
65	Перехід 150x300 на 300x300, L=150 мм	шт.	1	8,2	8,2
66	Перехід 200x300 на 400x300, L=150 мм	шт.	1	8,2	8,2
67	Перехід 250x300 на 400x300, L=150 мм	шт.	1	8,2	8,2
68	Перехід 300x300 на 400x400, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4

69	Перехід 400х300 на 450х450, L=150 мм	шт.	3	8,2	24,6
70	Перехід 400х300 на 500х400, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
71	Перехід 400х400 на 600х400, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
72	Перехід 450х450 на 500х450, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
73	Перехід 500х500 на 550х500, L=150 мм	шт.	1	8,2	8,2
74	Перехід 500х500 на 600х500, L=150 мм	шт.	1	8,2	8,2
75	Перехід 550х500 на 600х500, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
76	Перехід 500х400 на 600х500, L=150 мм	шт.	3	8,2	24,6
77	Перехід 600х500 на 650х600, L=150 мм	шт.	3	8,2	24,6
78	Перехід 600х500 на 700х500, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
79	Перехід 600х600 на 650х600, L=150 мм	шт.	1	8,2	8,2
80	Перехід 600х700 на 700х600, L=150 мм	шт.	1	8,2	8,2
81	Перехід 650х600 на 700х700, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
82	Перехід 650х600 на 800х600, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
83	Перехід 700х700 на 750х700, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
84	Перехід 700х700 на 800х700, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
85	Перехід 800х700 на 900х700, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
86	Перехід 900х700 на 1000х700, L=150 мм	шт.	4	8,2	32,8
87	Перехід 1000х700 на 1100х700, L=150 мм	шт.	4	8,2	32,8
88	Перехід 1100х700 на 1200х700, L=150 мм	шт.	4	8,2	32,8
89	Перехід 1200х700 на 1250х800, L=150 мм	шт.	2	8,2	16,4
					S 11567,71

3.2 Визначення трудомісткості монтажних робіт

Розраховуємо трудомісткість монтажних робіт за формулою:

$$Q = \frac{V H_{ч}}{B} (\text{люд.}/\text{дні}), \quad (3.1)$$

де B - кількість годин в зміні, год.

$H_{ч}$ - норма часу на одиницю виміру, люд./год;

V - об'єм робіт.

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою:

$$T = \frac{Q}{n}(\text{дні}), \quad (3.2)$$

де n - кількість робітників, люд

Q - трудомісткість монтажних робіт, люд./дні.

Результати розрахунку наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 Трудомісткість і тривалість виконання монтажних робіт систем опалення

Найменування робіт	Од. виміру	Об'єм робіт	Норма часу, люд/год	Трудомісткість, люд/дні	Виконавці		Тривалість, дні
					Кількість бригад	Склад ланки	
Транспортування деталей до об'єкту будівництва	100 т	11,5	1,94	2,78	1	водій -1, монт. 3р.-1	1
Монтаж кронштейнів під вентиляційне устаткування	100 кг	26,73	8,53	28,5	2	мон-ки 5р.-2, 2р.-2	4
Монтаж повітропроводів периметром до 600 мм	100 м ²	0,37	261,8	12,1	2	мон-ки 4 р.-2, 3р.-1	2
Монтаж повітропроводів периметром 800,1000мм	100 м ²	0,4	239,7	11,19	2	мон-ки 4р. -2, 2р. -1	2

Монтаж повітропроводів периметром від 1100 до 1600 мм	100 м2	0,4	207,4	10,3	2	мон-ки 4р. -2, 2р. -1	2
Монтаж повітропроводів периметром до 2400мм	100 м2	0,25	156,06	4,8	1	мон-ки 4р. -2, 2р. -1	2
Монтаж повітропроводів периметром до 3200мм	100 м2	1,53	126,14	24,12	2	мон-ки 4р. -2, 2р. -2	3
Монтаж повітропроводів периметром до 3600мм	100 м2	0,5	116,11	7,2	1	мон-ки 4р. -2, 2р. -2	2
Монтаж повітропроводів периметром 4000мм	100 м2	1,07	106,11	14,1	2	мон-ки 4р. -2, 2р. -1	2
Монтаж повітропроводів периметром до 5200 мм	100 м2	1,0	96,05	12,0	1	мон-ки 4р. -2, 2р. -2	3
Влаштування каналних вентиляторів	1 шт.	2	16,17	4,04	1	мон-ки 5 р.—1, 3 р.-1	2
Влаштування підвісних припливних	1 шт.	2	68,17	17,04	2	мон-ки 5 р.—2, 3 р.-1	3

установок до 10 тис. м3/год							
Влаштування припливно - витяжної установки	1 шт.	1	31,79	31,79	2	мон-ки 5 р.-2, 3 р.-1	3
Встановлення вентиляційних решіток	1 шт.	106	1,82	24,1	2	мон-ки 5 р.-2, 3 р.-2	3
Встановлення чиллера	1 шт.	1	96,0	12,0	1	мон-ки 5 р.-2, 4 р.-2	3
Монтаж водопровідних труб Ø 80 мм	100 м2	2,4	91,2	27,3	2	мон-ки 4 р.-2, 3 р.-2	4
Встановлення фанкойлів	1 шт.	32	6,0	24,0	2	мон-ки 4 р.-2, 3 р.-1	4
Теплоізолювання повітропроводів	100 м2	6,5	87,6	71,1	2	мон-ки 4р.-2, 3р.-2	8
Проведення пусконаладжувальн их робіт	1 шт.	3	14,87	5,5	1	мон-ки 3р.-4	1
Вивезення обладнання з будівельного майданчику	1 т	0,86	1,94	0,2	1	водій -1, монт. 3р. -1	0,5

3.3 Визначення витрат енергоресурсів

Для перевезення вентиляційного обладнання потрібно вибрати вантажний автомобіль відповідно до розмірів та ваги вантажу. У цьому випадку обрано вантажний автомобіль IVECO з такими параметрами [28]:

- Вантажопідйомність понад 7,5 тонн;
- Тип палива - дизельне паливо.
- Споживання палива на 100 км шляху - 24 літри.
- Потужність - 338 кіловат.

Проводимо розрахунки кількості палива, необхідного для перевезення обладнання та матеріалів.

$$V = 0,01 \cdot L \cdot G = 0,01 \cdot 30 \cdot 24 = 7,2 \approx 10(\text{л}), \quad (3.3)$$

де G - витрата пального, л на 100 км.

L - відстань транспортування деталей, км.

Для розрахунку витрати електроенергії враховано такі пристрої та їх робочий час:

1. Чотири перфоратори фірми Craft СВН-1100 з споживчою потужністю 1,1 кВт, які працювали впродовж 64 і 58 годин відповідно.
2. Чотири електричні лебідки типу ODWERK BHR зі споживчою потужністю 1,6 кВт, які були в роботі протягом 12 та 24 годин.
3. Чотири компресори зі споживчою потужністю 7,4 кВт, які працювали по 4 години кожен.

Треба визначити кількість електроенергії, яку необхідно спожити.

$$W = \sum (N_c \cdot n \cdot T), \quad (3.4)$$

$$W = 1,1 \cdot 4 \cdot 64 + 1,6 \cdot 4 \cdot 58 + 7,4 \cdot 4 \cdot 4 = 771,2 \text{ (кВт} \cdot \text{год)},$$

де n - кількість електроустановок;

N_c - споживча потужність, кВт;

T - тривалість роботи електрообладнання, год.

3.4 Техніко-економічні показники

Розраховуємо середню кількість працюючих:

$$R_c = \frac{Q_{\text{заг}}}{T_{\text{заг}}} \text{ (люд.)}, \quad (3.5)$$

$$R_c = 328,17 / 33,5 = 9 \text{ (люд.)},$$

де $Q_{\text{заг}}$ — загальна трудомісткість, люд./дні;

$T_{\text{заг}}$ - загальна тривалість будівництва, дні.

Необхідно обчислити коефіцієнт нерівності у використанні ресурсів людьми:

$$\alpha_1 = \frac{R_c}{R_{\text{max}}}, \quad (3.6)$$

$$\alpha_1 = 9 / 12 = 0,75.$$

де R_{max} — максимальна кількість працюючих, люд.

Розраховуємо коефіцієнт нерівності по трудовитратах:

$$\alpha_2 = \frac{Q_{\text{над}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (3.7)$$

$$\alpha_2 = 220,09 / 328,17 = 0,7.$$

Необхідно обчислити коефіцієнт нерівномірності тривалості виконання робіт за відповідною формулою :

$$\alpha_3 = \frac{T_{\text{вст}}}{T_{\text{заг}}}, \quad (3.8)$$

$$\alpha_3 = 19,0 / 33,5 = 0,5.$$

де $T_{ест}$ — тривалість виконання робіт при $R > R_{max}$.

Складання кошторисної документації.

Кошторисна документація для магістерської кваліфікаційної роботи складена відповідно до стандарту ДСТУ 1.1.1-2013 "Правила визначення вартості будівництва". У локальному кошторисі враховано прямі та загальновиробничі витрати. Прямі витрати включають заробітну плату, вартість матеріалів і витрати на експлуатацію машин і механізмів. Загальновиробничі витрати входять у виробничу собівартість і групуються в засоби на заробітну плату, відрахування на соціальні заходи та інші статті.

Локальний кошторис складений для монтажу систем вентиляції та кондиціонування спортивно-оздоровчого комплексу в м. Умань з використанням програми "АВК-5 (3.0.6)". У ньому враховано склад робіт і кількість необхідних матеріалів згідно з кресленнями і специфікаціями.

Техніко-економічні показники визначаються з урахуванням кошторисної вартості монтажу систем вентиляції та кондиціонування, діючих норм і накладних витрат.

Значення основних техніко-економічних показників наведено в табл.3.3.

Таблиця 3.3 - Техніко-економічні показники

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Тривалість монтажних робіт	дні	33,5
2	Середня чисельність робітників Исер	чол.	9
3	Максимальна кількість робітників	чол.	12
4	Середній розряд при будівництві системи вентиляції	розряд	4,3
5	Прямі витрати будівництва	тис.грн	1232,198

6	Загальна кошторисна вартість будівництва	тис.грн	1310,788
7	Кошторисна трудомісткість	люд.год.	2339,74
8	Кошторисна заробітна плата	тис.грн	49,124

3.5 Монтаж системи припливно - витяжної вентиляції

Монтаж системи вентиляції починається після розрахунків потрібного обсягу повітря та продуктивності обладнання. Згідно з затвердженим проектом виконання робіт, робляться наступні дії:

- виконується розмітка, свердління та пробивання отворів в стіні згідно з технологічною схемою;
- фіксуються засоби кріплення для повітропроводів;
- кріпиться повітропровід до переходника за допомогою хомути;
- монтується патрубок з клапаном зворотної тяги.

Далі проводиться монтаж припливно-витяжної вентиляції всередині приміщення. Для кожного приміщення монтується по два канали - для надходження та відтоку повітря. Процес монтажу включає в себе:

- розведення труб по кімнатах за допомогою сполучних елементів;
- кріплення повітропроводів хомутами до стін та стелі;
- з'єднання їх з патрубками установки;
- встановлення пульта управління;
- встановлення жалюзійних решіток.
- Перед випробуванням системи вентиляції та кондиціонування повітря необхідно впевнитися, що вона працює неперервно та безперебійно протягом 7 годин. Для цього проводиться обкатування, яке розпочинається з короткочасного увімкнення вентилятора для визначення напрямку обертання робочого колеса. Під час обкатування важливо, щоб температура підшипників вентилятора та двигуна не перевищувала 85 °С. Обкатування проводиться в присутності замовника та генпідрядника і оформляється актом.

- Потім проводяться передпускові випробування вентиляційних систем, які включають в себе перевірку різних показників, таких як продуктивність вентиляційного агрегату, опір протікання повітря, швидкість витікання повітря з припливних отворів, рівномірність прогрівання калориферів та інші. Перевіряється також тяга в повітровсмоктувальних отворах, що забезпечується за допомогою крильчастого анемометра або інших методів.

- У випробування вентиляційних систем також включається перевірка на герметичність ділянок повітропроводів, що приховані в будівельних конструкціях. За результатами цих випробувань складається відповідний акт. Існує два види регулювання вентиляційних систем: індивідуальне та комплексне. Індивідуальне регулювання виконується з монтажною організацією, а комплексне - з повним технологічним завантаженням спеціалізованими організаціями за прямим договором із замовником.

- Після обкатування, передпускових випробувань та регулювання на кожен вентиляційну систему складається паспорт, де вказуються результати передпускових випробувань і регулювання системи, а також основні дані вентиляційного обладнання.

3.6 Заходи з енергозбереження

Для зменшення споживання енергії були запропоновані два заходи: утеплення приміщень спортивно-оздоровчого комплексу та заміна вікон.

У розділі про утеплення стін запропоновано використання вакуумних панелей. Ця технологія ґрунтується на використанні вакууму всередині ізоляційних матеріалів, що значно знижує їх теплопровідність. Вакуумні ізоляційні панелі мають надзвичайно низьку теплопровідність і можуть зменшити товщину ізоляційного шару у 6-10 разів порівняно з традиційними матеріалами.

Другим заходом є заміна вікон на енергозберігаючі. Ці вікна мають додаткове покриття або наповнення одного з пакетів скла газом (наприклад, аргон), що дозволяє зберігати тепло ефективніше. Вони мають опір теплопередачі більше $0,75 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$.

Енергозберігаючі вікна також можуть мати спеціальне покриття (і-скло), що відбиває інфрачервоне випромінювання, що переносить тепло. Такі вікна забезпечують краще збереження тепла в приміщенні і надійний захист від ультрафіолетового випромінювання.

Загалом, заходи з утеплення та заміни вікон на енергозберігаючі допоможуть значно зменшити витрати енергії на опалення та кондиціонування приміщень.

3.7 Протипожежні заходи

Вимоги щодо пожежної безпеки для будівельних об'єктів стосуються їх розташування, конструкцій, виробів, комунальних мереж та систем протипожежного захисту. Ці вимоги мають захищати людей, які перебувають у будівлях, від пожеж та їх наслідків, враховуючи конкретний ризик пожежі для кожного об'єкта.

Згідно з Технічним регламентом, будівельні вироби мають проектуватися та будуватися таким чином, щоб у разі пожежі зберігалась несуча здатність конструкцій, а поширення вогню та диму були обмеженими. Також важливо, щоб пожежа не поширювалась на сусідні об'єкти і люди мали можливість вийти з будівлі або бути врятованими.

Розвиток пожежі залежить від пожежного навантаження, надходження повітря, теплопровідних властивостей конструкцій та ефективності систем протипожежного захисту. Для підвищення рівня пожежної безпеки застосовуються системи автоматичної пожежної сигналізації та гасіння пожежі, а також протипожежні відсіки та димозахисні системи.

Протипожежні відсіки створюють перешкоду для поширення вогню та диму, а їх конструкції мають витримувати вплив вогню протягом певного часу. Засоби комунікації між відсіками повинні не порушувати їх цілісність.

З метою запобігання пожежі і поширенню вогню використовуються такі заходи, як протипожежні перешкоди, системи гасіння та димовидалення, а також системи централізованого спостереження та оповіщення про пожежу. Такі системи, разом з протипожежним обладнанням, допомагають забезпечити безпеку на будівельних об'єктах.

3.8 Основні заходи безпеки і захисту здоров'я працівників при виконанні монтажних робіт

Перед розпочатком монтажних робіт кожний працівник повинен пройти інструктаж на робочому місці, отримати необхідний спецодяг, засоби індивідуального захисту, інструмент та перевірити їх на комплектність та цілісність.

Засоби індивідуального захисту поділяються на декілька видів залежно від призначення, такі як ізолюючі костюми, засоби для захисту органів дихання, спеціальний одяг та взуття, засоби для захисту рук, очей, обличчя, голови, а також від падіння з висоти та захисту органів слуху.

До монтажних робіт на висоті допускаються лише особи, які не молодші 18 років та пройшли медичне обстеження. Під час робіт на висоті необхідно організувати подачу матеріалів та інструментів за допомогою спеціальних підйомних пристроїв та виконувати роботи з використанням риштувань та приставних драбин.

Для запобігання падінню з висоти використовуються запобіжні пояси та всі працівники, які займаються роботами на висоті, повинні мати захисні каски. Також необхідно дотримуватися організаційних заходів безпеки, включаючи правила користування знаками безпеки, які повинні відповідати відповідним стандартам.

Оцінка освітлення об'єкта відповідно нормативних вимог.

Під час монтажних робіт важливо забезпечити сприятливі умови освітлення, що відповідають наступним вимогам:

1. Рівень освітленості на робочих поверхнях повинен відповідати встановленим гігієнічним нормам для даного виду робіт.
2. Освітлення має бути рівномірним і стабільним у часі, з відсутністю різниці між освітленістю робочої поверхні та оточуючим простором.
3. Важливо уникати сліпучого блиску в полі зору предмета.
4. Штучне освітлення повинно мати спектр, який найбільше наближається до природного світла.

Враховуючи те, що будівля знаходиться в IV світлокліматичному районі, розряд зорових робіт визначається за найменшим розміром об'єкта розрізнення, який у випадку монтажних робіт може бути поділками на вимірювальній стрічці. Таким чином, прийнято IV розряд зорових робіт.

Нормовані значення освітленості визначені відповідно до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Нормовані значення освітленості

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта бачення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Штучне освітлення			Природне освітлення	Сумісне освітлення
				Освітленість, лк				
				комбіноване		Загальне	При боковому	При боковому
				Всього	У т.ч. від заг.			
Середньої точності	0,5-1	iv	б	500	200	200	1,5	0,9

Для забезпечення нормованих значень виробничого освітлення передбачено наступне:

1. Приміщення з робочими місцями повинно мати штучне освітлення, обладнане системою загального рівномірного освітлення.

2. Необхідно уникати прямого і відбитого блиску, замінюючи блискучі поверхні матовими, де це можливо.

У зв'язку з тим, що монтаж систем вентиляції та кондиціонування проводиться в дві зміни, потрібно розрахувати штучне освітлення для роботи в приміщенні в темний період дня. Для цього проводиться розрахунок за методом світлового потоку.

У визначеному приміщенні з розмірами $a=8$ м і $b=10$ м, з нормою освітленості для виконання роботи середньої точності 200 люксів, потрібно розрахувати світловий потік, який повинна випромінювати кожна лампочка за допомогою відповідної формули:

$$F_{\text{л}} = \frac{k \cdot E \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}, \quad (3.9)$$

де $F_{\text{л}}$ - світловий потік, лм;

k - коефіцієнт запасу;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітленості;

η - коефіцієнт використання світлового потоку;

E - освітленість за нормою, лк;

S - площа підлоги в приміщенні, м^2 ;

n - кількість встановлених ламп.

Коефіцієнт запасу k враховує втрати освітленості через можливе забруднення ламп або світильників під час їх використання.

Таблиця 3.5 - Значення коефіцієнту запасу

Характеристика об'єкта	Коефіцієнт запасу k		Строки чистки світильників (не рідше)
	люмінесцентні лампи	лампи розжарювання	
Приміщення з великим	1,9	1,6	4 рази на місяць

виділенням пилу, диму та копотю			
Приміщення зі середнім виділенням пилу, диму та копотю	1,7	1,4	3 рази на місяць
Приміщення з малим виділенням пилу, диму та копотю	1,4	1,2	2 рази на місяць
Відкриті простори	1,4	1,2	3 рази на місяць

Коефіцієнт використання світлового потоку η показує, яка частина світлового потоку, що виходить зі світильника, припадає на робоче місце. Він залежить від різних факторів, таких як тип світильника, розміри та форма приміщення, кольори стін та стелі, а також висота підвішування світильника над робочою площиною. Коефіцієнт η враховує поглинання світла арматурою світильників, стелі та стінами.

Для розрахунку коефіцієнта η з таблиці 3.6 необхідно визначити показник приміщення φ . Для прямокутних приміщень його можна визначити за допомогою спеціальної формули:

$$\varphi = \frac{a*b}{H_c(a+b)}, \quad (3.10)$$

де a та b - ширина та довжина приміщення;

H_c - висота підвішування світильника, м.

Таблиця 3.6 - Значення коефіцієнту використання світлового потоку

Тип світи- льника	Коеф. відбиття, %		Значення η при показнику приміщення, який дорівнює								
	стелі	стін	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2	3	4	5
Лампа без відбивача	0,3	0,1	0,1	0,14	0,19	0,22	0,28	0,32	0,38	0,42	0,45
	0,5	0,3	0,13	0,18	0,24	0,28	0,36	0,40	0,46	0,51	0,54
	0,7	0,5	0,21	0,26	0,32	0,37	0,45	0,51	0,59	0,64	0,67

Визначаємо показник приміщення ϕ за формулою (3.10):

$$\phi = \frac{10 * 8}{3.4(10 + 8)} = 1.307$$

Коефіцієнт нерівномірності освітлення вибираємо з табл. 3.7.

Таблиця 3.7 - Значення коефіцієнта нерівномірності освітленості Z

Тип світильника	Коефіцієнт Z при l						
	2,8	3,0	3,2	3,4	3,5	3,75	4
«Лампа розжарювання»	0,545	0,660	0,785	0,915	0,867	0,734	0,595

Коефіцієнт нерівномірності освітленості $Z=0,595$.

Розрахунок штучного освітлення необхідно починати з визначення висоти підвісу світильника та їх кількості.

Висоту підвісу знаходять за формулою:

$$H_c = H - (h_p + h_n), \quad (3.11)$$

де H - висота приміщення, м;

h_n - висота від стелі до світильника, м;

h_p - висота від підлоги до освітлювальної поверхні, м.

При симетричному розташуванні світильників їх кількість:

$$n = \frac{S}{l^2}, \quad (3.12)$$

де S - площа приміщення, m^2 ;

l - відстань між світильниками, м.

Висота приміщення 4,2 м. Відстань між лампами 4м.

Знаходимо необхідну кількість ламп за формулою (3.12):

$$n = \frac{8*10}{4^2} = 6.$$

Світловий потік однією лампою визначаємо з формули (3.9).

Висота підвішування ламп складає 3,5 м.

$$F_{л} = \frac{1.3 * 200 * 80 * 0.595}{6 * 0.25} = 2562 \text{ (лм)}.$$

За світловим потоком вибираємо потужність кожної лампи. Вона дорівнює 150 Вт при світловому потоці 2850 лм.

3.9 Захист довкілля

Інженерне обладнання будівель громадського призначення включає такі системи і устаткування:

- системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря;
- індивідуальні теплові пункти;
- ліфтові установки;
- електрощитові;
- вентиляційні системи проти задимлення та димовидалання, інше.

Одним з основних джерел шуму у спортивно-оздоровчому комплексі є системи вентиляції та кондиціонування повітря.

Шум у системах вентиляції та кондиціонування повітря виникає від вентиляторів, кондиціонерів, охолоджувальних компресорів, фанкойлів, регульованих пристроїв у повітропроводах, повітророзподільних пристроїв, фасонних елементів повітропроводів тощо.

Для зниження рівнів шуму від інженерного обладнання, що проникає в приміщення або на прилеглу територію з нормованими рівнями шуму, необхідно вживати комплекс заходів. До них входять:

- використання обладнання з найнижчими рівнями звукової потужності;
- раціональне розміщення джерел шуму відносно об'єктів, що потребують захисту;

- застосування огорожувальних конструкцій з необхідною звукоізоляцією;
- облицювання внутрішніх поверхонь приміщень звукопоглинальними конструкціями;
- використання глушників шуму в повітропроводах вентиляційних систем тощо.

У системах вентиляції, кондиціонування повітря і повітряного опалення рекомендується встановлювати абсорбційні глушники шуму. Конструкцію глушників і їх ефективність визначають на основі акустичного розрахунку вентиляційної системи.

Для зниження шуму від регульовальних, повітророзподільних і повітроприймальних пристроїв варто обмежувати швидкість потоку повітря і використовувати пристрої з мінімальними значеннями коефіцієнта місцевого опору.

Також слід передбачати установку глушників шуму неподалік від вентиляторів і, за потреби, перед повітророзподільними або повітроприймальними пристроями.

3.10 Висновок по розділу 3 :

У даній магістерській кваліфікаційній роботі була розроблена технологія монтажу систем вентиляції та кондиціонування для спортивно-оздоровчого комплексу у місті Умань.

Проектна схема дозволила визначити необхідну кількість виробів і матеріалів, обсяг робіт, методи їх виконання та підібрати потрібне обладнання. Також були встановлені заходи протипожежної безпеки, серед яких встановлення протипожежних перешкод, застосування систем пожежогасіння та димо-тепловидалення, а також влаштування вогнестійких вентиляційних повітропроводів.

У роботі також проведено оцінку освітлення об'єкта та розраховано штучне освітлення за методом світлового потоку, що дозволило підібрати відповідні лампи для забезпечення нормативних значень освітлення. Надалі, були визначені основні джерела шуму в системах вентиляції та кондиціонування повітря і запропоновані заходи для їх зменшення.

Результати роботи включають також перелік монтажних вузлів та нетипових конструкцій, а також складені календарний графік виконання робіт, загальну тривалість монтажних робіт та інші важливі показники для успішної реалізації проекту.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасні стратегії енергозбереження в рамках реалізації енергетичної стратегії України на період до 2030 року, що передбачає зменшення імпортозалежності на 50% до 2020 року та менше ніж на 33% до 2025-2030 років.

2. Досліджено основні заходи з енергозбереження у будівництві, зосереджені на підвищенні термічного опору огорожувальних конструкцій та використанні інноваційних технологій для опалення, охолодження та кондиціонування приміщень.

3. Проаналізовано нормативні вимоги до систем внутрішнього мікроклімату спортивно-оздоровчого комплексу з використанням сучасних засобів опалення, охолодження та вентиляції приміщень. Виконано техніко-економічне обґрунтування впровадження систем вентиляції та кондиціонування.

4. Проведено моделювання теплотехнічних розрахунків приміщень будівлі та розроблені номограми опору огорожувальних конструкцій в залежності від утеплювачів. Також виконано моделювання аеродинамічного розрахунку систем вентиляції та обрано вентиляційне обладнання.

5. Розроблені організаційно-технологічні рішення з монтажу систем вентиляції та кондиціонування, а також досліджено протипожежні заходи, враховуючи специфіку спортивно-оздоровчих комплексів.

6. Визначені основні джерела шуму та розроблені заходи щодо їхнього зменшення. Здійснено техніко-економічний аналіз систем вентиляції та кондиціонування спортивно-оздоровчого комплексу, включаючи розрахунки кошторисної вартості вибраної системи для створення необхідного мікроклімату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»[Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу.: <http://www.kmu.gov.ua>.
2. І.Н. Дудар Енергозбереження в міському будівництві: навчальний посібник Ч1 / І. Н. Дудар, Л. В. Кучеренко, В. В. Швець. - Вінниця : ВНТУ, 2014. - 56 с.
3. Енергоефективність в галузях економіки України. Збірник матеріалів Міжнародної науково технічної конференції 11-13 жовтня 2017 р. - Вінниця: ВНТУ, 2017 - 232-234 ст.
4. В. А. Ананьєв Системи вентиляції і кондиціонування. Теорія та практика/ В.А Ананьєв - М.: Євроклімат, 2001р. - 416 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. - [Чинний від 2011-01-01]. - К.: Міністерство регіонального розвитку і будівництва України, 2011 р. - 127 с.
6. ДСТУ Б А.3.2-12:2009. ССБП Системи вентиляційні. Загальні вимоги. - [Чинний від 2010-08-01]. - К.: Міністерство регіонального розвитку і будівництва України, 2010 р. - 12 с.
7. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. - [Чинний від 2016-01-01]. - К.: Міністерство регіонального розвитку і будівництва України, 2016 р. - 67 с.
8. Холодильні машини [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу.: <http://ukrbukva.net>.
9. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. - [Чинний від 2017-05-01].- К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2016 р. - 30 с.
10. Вакуумні панелі [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу.: <http://ua.vakuumisolutions.com>.
11. Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова Будівельна теплофізика. : Навчальний

посібник/ Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова - Вінниця: ВНТУ, 2004.- 121 с.

12. Поліфункціональні властивості сучасних енергозберігаючих вікон [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу.: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/>.

13. ДСТУ Б В.2.7-107:2008. Склопакети клеєні будівельного призначення. - [Чинний від 2010-01-01]. - К.: Міністерство регіонального розвитку і будівництва України, 2010 р. - 38 с.

14. ДБН В. 2.2-13:2003. Спортивні та фізкультурно - оздоровчі споруди. - [Чинний від 2004-03-01]. - К.: Держбуд України, 2003. - 105с.

15. Н.Н. Павлов: Вентиляция и кондиционирования воздуха. Часть 3./ Н.Н.Павлов, Ю.И.Шиллера - Москва : Стройиздат,1992р. - 319 с.

16. ДБН В. 2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. - [Чинний від 2014-01-01]. - К.: Держбуд України, 2014. - 113с. - (Державні будівельні норми).

17. Каталог повітророзподільників [Електронний ресурс]: - Режим доступу до ресурсу.: <http://gsn.net.ua/calc/> .

18. І.А. Пономарчук Вентиляція та кондиціонування повітря: Навчальний посібник/ Пономарчук І.А., Волошин О.Б. - Вінниця: ВНТУ, 2004.- 121 с.

19. Коефіцієнти місцевого опору [Електронний ресурс]: - Режим доступу до ресурсу.: <http://thermalinfo.ru/eto-interesno/koeffitsienty-mestnogo-soprotivleniya> .

20. Каталог вентиляційного обладнання [Електроннийресурс]: - Режим доступу до ресурсу.: <http://www.systemair-ukraine.com/pdf/ta.pdf>.

21. Каталог вентиляційного обладнання [Електроннийресурс]: - Режим доступу до ресурсу.: <https://vents.ua/catalog>.

22. Е.М. Белова Системи кондиціонування повітряз чиллерами і фанкойлами / Белова Е.М. - М.:Євроклімат, 2003р. - 400 с.

23. Каталог центральних систем кондиціонування [Електронний ресурс]: - Режим доступу до ресурсу.: <http://daichi.ru/catalog/daikin/fancoil> .

24. Каталог систем кондиціонування [Електронний ресурс]: - Режим доступу до ресурсу.: http://www.ivik.ua/ua/catalog/chiller_daikin_ewyq_dayn.
25. Ізолювання повітропроводів [Електронний ресурс]: - Режим доступу до ресурсу.:<http://sanpol.ua/ru/library/uteplenie-i-zvukoizolyatsiya/izolyatsiya-vozduhovodov/>.
26. Каталог перфораторів [Електронний ресурс]: - Режим доступу до ресурсу.: <http://hotline.ua/tools-perforatory/craft-cbh-1100/>.
27. Електрична лебідка [Електронний ресурс]: - Режим доступу до ресурсу.: <https://in-green.com.ua/odwerk/odwerk-bhr-1000>.
28. Вантажний автомобіль [Електронний ресурс]: - Режим доступу до ресурсу.: <https://www.mobile.de/ru>.
29. Кінаш. Р.І. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт / Р.І. Кінаш, С.С. Жуковський - Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999 р. - 448 с.
30. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції. - [Чинний від 2008-07-01]. - К.: Міністерство регіонального розвитку і будівництва України, 2007. - 43с.
31. ДБН В.1.2-7:2008. Основні вимоги до будівель і споруд пожежна безпека. - [Чинний від 2008-10-01].- К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово- комунального господарства України, 2008 р. - 30 с.
32. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. - [Чинний від 201507-01].- К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2015 р. - 132 с.
33. ДБН В. 2.5-28:2006. Природне і штучне освітлення. - [Чинний від 2006-1001].- К.: Міністерства регіонального розвитку та будівництва України, 2008 р. - 96 с.
34. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму.

- [Чинний від 2014-06-01].- К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово- комунального господарства України, 2014 р. - 54 с.

35. Черниченко Ю. М., Інтелектуальна енергозберігаюча система керування температурою у приміщенні. Технології та дизайн. 2017. № 1. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_1_8

36. Заєць Я. Б., Злотенко Б. М. Енергоефективна система керування мікрокліматом у приміщенні. Технології та дизайн. 2017. № 1. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_1_7

37. Стаценко Д.В., Злотенко Б.М. Вдосконалення енергоефективної системи керування освітленням і температурою приміщень. Вісник Хмельницького національного університету. - 2017. - №5.

38. Любарець О. П. Проектування Систем водяного опалення: посібник для проєктувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ / О. П. Любарець, О. М. Зайцев, В. О. Любарець – Відень - Київ – Сімферополь, 2010. – 200 с.

39. Дзяди́кевич Ю.В. Енергетичний менеджмент. Підручник / Ю.В. Дзяди́кевич, Р.Б. Гевко, М.В. Буряк, Р.І. Розум. – Тернопіль: Підручники і посібники. – 2014. – 336 с.

40. Злотенко Б. М. Комп'ютерна енергоефективна система керування опаленням та гарячим водопостачанням будівель / Б.М. Злотенко, Д.В. Стаценко - Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2019. – № 4. – С. 34-41.

41. . Frank T. Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland Energy and Building 37 Elsevier, 2005. Vol. 10, P. 1175-1185.

42. Ekren O., Araz A., Hepbasli E. Gunerhan H. Design Aspects and Experimental Performance Test of a Wastewater Heat Pump for the Mediterranean Climate : Journal of Clean Energy Technologies, No. 5, 2016.

43. К. Н. Zimmerman, Heat Pumps: Prospects in heat pump technology and marketing, in Proc. International Energy Agency Heat Pump Conference, 1987.

44. Kwang Ho Lee, Richard K. Strand The cooling and heating potential of an earth tube system in buildings. *Energy and Buildings* 40 Elsevier. 2008. – Vol. 9 P. 486-494.
45. Gregor P. Henze, Felsmann C., Doreen E., Kalz, Herkel S. Primary energy and comfort performance of ventilation assisted thermo-active building systems in continental climates. *Energy and Buildings* 40, 2008. Vol. 12, P. 99– 111.
46. Bjarne W. Using building mass to heat and cool. *ASHRAE Journal*. 2012 Vol. 54, № 3. P. 96-150.
47. Kolarik, J. Simulation of energy use, human thermal comfort and office work performance in buildings with moderately drifting operative temperatures. *Energy and Buildings* 43 (11). 2011. Vol. 9, P. 2988–2997.
48. Toftum, J. Occupant Responses and energy use in buildings with moderately drifting temperatures. Atlanta : ASHRAE. 2008. P. 145/
49. BS EN 14511-2:2018 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling. Test conditions. [Publication Date 2018-03-01]. BSI, P. 22 (Information and documentation).
50. Heschong, L., *Windows and Classrooms: A Study of Student Performance and the Indoor Environment*. Report prepared for the California Energy Commission. 2003.
51. Hartkopf, V., Loftness, V. Global relevance of total building performance, *Automation in Construction* 8. 1999. pp. 377-393.
52. Heschong, Mahone, *Daylighting in Schools: An investigation into the relationship between daylighting and human performance*. 1999/
53. L. Klein, J.-Y. Kwak, G. Kavulya, Farrokh Jazizadeh, Burçin Becerik Gerber, Pradeep Varakantham [та иһ.] / Coordinating occupant behavior for buildingenergy and comfort management using multi-agent systems // *Autom. Constr.* – 2012. – № 22. – С. 525-536.