

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр .

(ступінь вищої освіти)

на тему **Проектування та розрахунок системи освітлення та параметрів мікроклімату Хорольської гімназії**

Виконав: студент б курсу, групи 601МЕ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Коваленко І.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кислиця С.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Галай В.М.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри
автоматики, електроніки та
телекомунікацій

_____ О.В. Шефер
“ ____ ” _____ 2021 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Коваленку Івану Дмитровичу

1. Тема роботи «Проектування та розрахунок системи освітлення та параметрів мікроклімату Хорольської гімназії»
керівник проекту (роботи) Кислиця Світлана Григорівна, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від “25” 08 2021 року
№ 688 фа
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2021 р.
3. Вихідні дані до роботи. Розробити проект систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень Хорольської гімназії.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз сучасних енергозберігаючих джерел світла. 2. Аналіз сучасних енергозберігаючих інженерних систем мікроклімату будівель. 3. Оцінка енергетичної ефективності систем забезпечення мікроклімату. 4. Організаційно-економічна частина.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) Залежність світлової віддачі від потужності.
 - 2) Ефективність різних типів ламп
 - 3) Залежність світлового потоку від потужності.
 - 4) Затрати на електроенергію різних типів ламп.
 - 5) Річний тепловий баланс будівель.
 - 6) Принцип роботи рекуперативів.
 - 7) Система диспетчеризації будівлі
 - 8) Таблиця економічної ефективності

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економіка	Григор'єва О. В., доцент		

7. Дата видачі завдання __. __. 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
		Дата початку	Тривалість	Відсоток виконання	
1	Аналіз сучасних енергозберігаючих джерел світла.	13.10.21		15%	Пл. 1
2	Вибір системи освітлення та видів освітлення	27.10.21	I	30%	Пл. 2
3	Моделювання освітлювальної установки	10.11.21		40%	Пл. 3,4
4	Аналіз сучасних енергозберігаючих інженерних систем мікроклімату будівель.	17.11.21		50 %	Пл. 5,6
5	Вибір енергозберігаючих заходів та інженерних систем мікроклімату при їх оптимальному поєднанні	24.11.21	II	60%	Пл. 7,8
6	Оцінка енергетичної ефективності систем забезпечення мікроклімату.	01.12.21		70%	Пл. 9
7	Організаційно-економічна частина.	08.12.21		90%	
8	Оформлення магістерської роботи	15.12.21	III	100%	

Магістрант _____ Коваленко І.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Кислиця С.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА.....	7
1.1 Стисла характеристика об'єкту та аналіз зорових задач.....	9
1.2 Вибір нормованої освітленості та коефіцієнта запасу.....	10
1.3 Вибір джерел світла.....	10
1.4 Вибір освітлювальних приладів.....	15
1.5 Вибір системи освітлення та видів освітлення.....	23
1.6 Світлотехнічний розрахунок.....	25
1.7 Моделювання освітлювальної установки.....	27
1.8 Розміщення освітлювальних приладів.....	28
2 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ БУДІВЕЛЬ.....	30
2.1 Нормативна база щодо підвищення енергетичної ефективності та енергозберігаючих заходів.....	30
2.2 Енергозберігаючі рішення в системах забезпечення мікроклімату будівель.....	32
2.3 Енергозберігаюче обладнання інженерних систем мікроклімату будівель.....	39
2.3.1 Припливно-витяжна система вентиляції з рекуперацією.....	39
2.3.2 Альтернативні системи використання сонячної енергії.....	43
2.3.3 Адаптивні системи вентиляції зі змінною витратою повітря.....	45
2.3.4 Огороджувальні конструкції, що вентилюються.....	47
2.3.5 Автоматизовані енергозберігаючі інженерні системи мікроклімату будівель.....	48
2.4 Вибір енергозберігаючих заходів та інженерних систем мікроклімату при їх оптимальному поєднанні.....	51
2.4.1 Системи опалення.....	51

2.4.2	Системи вентиляції.....	52
2.4.3	Системи ГВП.....	54
3	ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ.....	57
3.1	Вибір параметрів внутрішнього та зовнішнього клімату.....	57
3.2	Визначення річного теплоспоживання системами опалення.....	58
3.3	Визначення річного теплоспоживання системами вентиляції та (або) кондиціювання повітря.....	61
3.4	Визначення річного електроспоживання системами електропостачання будівлі.....	63
3.5	Розрахунок показників енергоспоживання та енергоефективності будівлі та вибір варіанта проектного рішення.....	63
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	66
4.1	Складання кошторису витрат на обладнання та монтаж освітлювальної установки.....	66
4.2	Визначення витрат на освітлення спроектованої освітлювальної установки.....	71
	ВИСНОВКИ.....	76
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77
	Додатки.....	80

ВСТУП

Необхідність створення та реалізації проектів будівництва нових чи реконструкції діючих об'єктів електроенергетики, спрямованих на підвищення надійності і ефективності енергетичного сектору держави, зумовлена процесами фізичного та морального старіння обладнання. За допомогою таких систем інженерного устаткування, як освітлення, опалення, вентиляції і кондиціонування створюється необхідний мікроклімат у приміщенні. Кожна із цих систем створює необхідні рівні відповідних параметрів мікроклімату. Для великої кількості споруд виробничого та громадського призначення системами освітлення, опалення та вентиляції забезпечуються необхідні санітарно-гігієнічні умови, які мають позитивний вплив на рівень продуктивності праці та самопочуття працівників. Тому актуальним є напрям, пов'язаний із проектуванням освітлювальних, опалювальних та систем кондиціонування в приміщеннях.

Актуальність роботи пов'язана з вибором найоптимальніших шляхів підвищення енергетичної ефективності будівлі, у тому числі з розробкою нових принципів та систем життєзабезпечення та їх впровадженням (створення та підтримки мікроклімату).

Наукова новизна роботи полягає у розрахунку оптимальних показників енергоспоживання та енергоефективності, виборі найбільш підходящих енергозберігаючих інженерних систем мікроклімату житлового будинку для заданої території, обґрунтування оптимальних технологічних рішень, що дозволяють реалізувати енергозберігаючі заходи під час проектування інженерних систем мікроклімату

Метою даної роботи є проектування та розрахунок систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень Хорольської гімназії, що знаходиться в м. Хорол по вул. Небесної сотні, 33.

Для досягнення мети в роботі були поставлені і вирішені наступні завдання: моделювання та світлотехнічний розрахунок систем освітлення приміщень; визначення теплопродуктивності та потужності приладів для

кондиціонування з метою створення необхідних параметрів мікроклімату приміщень; електротехнічний розрахунок мереж живлення приладів систем освітлення, опалення та кондиціонування.

Об'єкт дослідження: процеси перетворення електричної енергії в теплову та випромінювання видимого діапазону.

Предмет дослідження: прилади та системи освітлення, опалення та кондиціонування.

Практична цінність: розроблено та запропоновано системи освітлення опалення та кондиціонування, які здатні забезпечити необхідні умови мікроклімату приміщень.

1 Аналіз сучасних енергозберігаючих джерел світла

Шкільні класи вимагають інтенсивного освітлення, і витрати електроенергії досить високі в подібних установах.

Відповідно до ДСанПіН, 5.5.2.008-01 «Державні санітарні правила і норми влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів та організації навчально-виховного процесу» у школах має бути забезпечене належне природне і штучне освітлення. Саме це є необхідною умовою збереження загальної та зорової працездатності, попередження розладів зору [1].

Особливо стимулює роботу мозку денне світло. І якщо його достатньо, додаткове освітлення не вмикається. Сонячне світло тонізує і зміцнює організм, підвищує загальну опірність захворюванням, створює умови, необхідні для нормального росту і розвитку дітей і підлітків.

В Україні з вересня до травня необхідно підвищувати рівень освітлення навчальних приміщень за допомогою штучного освітлення.

Гігієнічне нормування освітлення передбачає створення оптимальних умов для роботи очей. Недостатня і неправильна освітленість призводить до прогресуючого погіршення здоров'я, зниження працездатності, підвищення нервово-психологічної напруги, стомлюваності [2].

У нашій країні у кожного другого жителя є які-небудь порушення зору, причому проблеми зниження зору молодіють рік від року. Якщо в початковій школі порушення зору спостерігаються у 4% дітей, то до закінчення школи окуляри чи лінзи носять приблизно 40% учнів.

Кращим методом профілактики зниження гостроти зору серед школярів вважається правильна організація робочого місця в комплексі з правильним тренуванням і відпочинком. Робоче місце учня – це його парта в школі, вдома – стіл, за якими він навчається, робить домашнє завдання, підібрані відповідно до його зросту, що забезпечить правильне положення тіла та відстань від очей до зошита або підручника. Робоче місце школяра має бути добре освітленим. Для достатнього природного освітлення мають бути великими та

незатемненими вікна, а штучне освітлення в класах становити 400 люкс на робочих столах і партах, а на середині доки – 500лк. В класах при розсадженні учнів природне світло має падати в очі зліва, а для штучного освітлення в темний період року з гігієнічної та економічної точки зору найкраще використовувати люмінесцентні лампи типу ЛН природного, ЛБ білого, ЛХБ холодного білого, ЛТПЦ тепло-білого кольорів та світлодіодні лампи у світильниках розсіяного світла [3].

Особливу увагу слід приділяти штучного освітлення в кабінетах інформатики та обчислювальної техніки (комп'ютерних класах). При люмінесцентному освітленні, освітленість на робочих столах повинна бути порядку 400лк, а на екрані дисплея – 200лк; світильники необхідно розташовувати таким чином, щоб при периметральном або дворядному розміщенні робочих місць світло на них падав ззаду працюючих учнів, місцеве освітлення при роботі на комп'ютерах не застосовується.

На рівень освітленості приміщень великий вплив мають колір і тональність забарвлення поверхонь стін, підлоги і стелі. Великі поверхні пофарбовані в темні кольори сприяють інтенсивному поглинанню квантів світла та зниження рівня освітленості, дуже світлі, білі і дзеркальні поверхні відбивають майже весь світловий потік (до 80-90%), але можуть створити умови підвищеної засліпленості в приміщенні [4].

Як бачимо, питання освітлення в шкільному закладі та умов збереження зору дітей під час навчального процесу досить актуальні на сьогоднішній день. Це супроводжується появою нових джерел світла, зокрема, перехід населення зі звичайних ламп розжарення на сучасні LED-лампи та світильники. Застосувавши сучасні технології в шкільному закладі, зможемо знизити показники використаної електроенергії, що допоможе заощаджувати кошти.

Отже, дотримуючись ряду певних вимог можна забезпечити необхідний рівень освітленості в навчальних класах та шкільному закладі в цілому. Адже саме цим зможемо зберегти та покращити здоров'я людей, особливо дітей та знизити показники порушення зору.

1.1 Стисла характеристика об'єкту та аналіз зорових задач

В нормативних документах ставиться мета створення в освітлювальному приміщенні світлового середовища, яке б забезпечувало зорову ефективність освітлювальних установок з врахуванням вимог фізіології зору, гігієни праці, безпеки праці при мінімальних витратах електроенергії та інших матеріальних ресурсів, а також трудових витрат на монтаж та експлуатацію освітлювальних установок. Дана робота розглядає реконструкцію проекту електричного освітлення Хорольської гімназії, першого і цокольного поверхів, що знаходиться в м. Хорол по вул. Небесної сотні, 33. Загальна площа цокольного та 1-го поверхів навчального закладу становить 3158м².

На цокольному поверсі знаходиться тренажерний зал, спорт інвентарна, комора, складське приміщення, технічна кімната, щитова, східці, душові та роздягальні, санвузли. На першому поверсі Хорольської гімназії розташовано навчальні кабінети і препараторські, майстерні по дереву і металу, складське приміщення й архів, музей, малий спортивний зал, гімнастичний зал, кабінети лікаря, логопеда, педагога-організатора, кабінет образотворчого мистецтва, їдальня, радіовузол, роздягальня, санвузли і душова, коридори та східці.

Згідно ДБН В.Х.5–2.8–2006 приміщення за видом зорових робіт поділяються на групи в залежності від контрасту об'єкта з фоном та характеристики фону: III (високої точності) – відносяться майстерні по дереву і металу, музей, малий спортивний і гімнастичний зали, кабінети лікаря, кабінет образотворчого мистецтва, їдальня; IV (середньої точності) – навчальні кабінети, препараторські, кабінети логопеда і педагога-організатора, радіовузол; V (малої точності) – складські приміщення, архів, роздягальні, санвузли і душові, технічна кімната, комора, комора, щитова, спорт інвентарна; VIII (загальне спостереження за ходом технологічного процесу) – східці та коридори [5].

Коефіцієнт відбиття поверхні приміщень становить $\rho_c=0,7$; $\rho_{ст}=0,5$; $\rho_{п}=0,3$, а для санвузлів – $\rho_c=0,7$; $\rho_{ст}=0,5$; $\rho_{п}=0,5$ [6].

1.2 Вибір нормованої освітленості та коефіцієнта запасу

Вибір рівня нормованої освітленості знаходиться в тісному зв'язку з прийнятою системою освітлення, а також з технологією виробничого процесу та особливостями зорової роботи.

Найбільш важкими питаннями, що виникають при виборі рівня освітленості є визначення контрасту об'єкта з фоном, а також розміру об'єкта розрізнення.

При проектуванні освітлювальної установки в розрахунок вводиться коефіцієнт запасу, який враховує зниження світлового потоку джерела світла, внаслідок його старіння, а також зниження корисної дії світильника в результаті забруднення ламп, освітленої арматури та огорожених поверхонь освітлювального приміщення [7].

1.3 Вибір джерел світла

Розробка має на меті покращити світлотехнічні показники в навчальному закладі. Тому для загального рівномірного освітлення навчальних кабінетів; майстерень; музею; кабінетів лікаря, логопеда, педагога-організатора, образотворчого мистецтва; їдальні; радіовузлу обираємо світлодіодні установки, в яких вже вмонтовані світлодіоди.

Світлодіодне освітлення перевершує за багатьма параметрами традиційне освітлення, а в найближчому майбутньому, відбудеться повний перехід. Білі світлодіоди ділять на три категорії: тепло-білого (3000K), нейтрально-білого (4000-5500K) і холодно-білого (понад 5500K) світла.

За нормами України в школах, інститутах і освітніх установах допустимо використовувати нейтрально-білого світла. На думку експертів, діти, з їх несформованим зором, і так як вони відносяться до групи зорового ризику, необхідно зменшити надлишковий синій спектр.

У вище перелічених приміщеннях джерелом світла виступають 20 супер діодів поверхневого монтажу типу SMD2835, які випромінюють нейтральний білий світ. Світлодіоди розташовані по периметру світильника, що забезпечує рівномірне освітлення без тіней і темних плям. Кут розсіювання світла складає

120 градусів, а коефіцієнт передачі кольору – більше 80%. Цього цілком достатньо для того, щоб предмети в кімнаті і колір шкіри виглядали природно. Потужність однієї установки складає 4Вт.

Світлодіоди перевершують інші типи джерел світла по міцності, вони майже не чутливі до ударів і вібрацій, на відміну від лампи розжарення, де найменша вібрація може пошкодити нитку розжарювання, що перетворює її в непотрібну скляну колбу, якій пряма дорога на смітник. Світлодіоди не містять ртуті або фосфору, а також інших небезпечних для природи та здоров'я людини речовин [8].

Для препарататорських вибрали також світлодіодні установки, але з дещо іншими технічними характеристиками. Джерелом світла в них служать 15 світлодіодів типу SMD2835, випромінюють нейтральний білий світ зі світловим потоком 85-90 лм/Вт. Розташовані вони по периметру світильника, що забезпечує рівномірне освітлення без темних плям і зон. Потужність складає 3Вт, розрахований він для роботи в мережі змінного струму з номінальною напругою 220В. Кут розсіювання світла – 120 градусів. Світлодіоди не містять ртуть і свинець, які згубно впливають на здоров'я людини і навколишнє середовище. Також вони не випромінюють ультрафіолет, що в свою чергу знижує вицвітання різних матеріалів. LED мають високий коефіцієнт світловіддачі: при невеликій споживаній ними потужності, вони дають потужний світловий потік - він може перевищувати світловий потік аналогічної по споживаній потужності лампи розжарювання в десять разів. Крім того, світлодіоди перевершують інші типи джерел світла по міцності, вони майже не чутливі до ударів і вібрацій [9].

Гімнастичний зал має висоту стелі 9 метрів, тому необхідно використовувати LED прожектори. Він містить 36 світлодіодів, які випромінюють рівний холодний білий світ зі світловим потоком 750лм. Потужність установки становить 20 Вт [10].

У складському приміщенні та архіві, санвузлах і душовій, та роздягальні доцільно використати компактну люмінесцентну лампу S-55-4200-27 (55W 4200K E27). Вона має таку характеристику:

Клас енергоспоживання: А

Потужність: 55Вт

Напруга: 220-240В

Термін служби: 10 000год.

Температура: 4200К

Світловий потік: 3300лм

Температурний режим: -40+50 С° [11].



Рисунок 1.1 – Компактна люмінесцентна лампа S-55-4200-27 (55W 4200K E27)

В якості джерела світла для освітлюваного приладу в малій спортивний зал було обрано люмінесцентну лампу Electrum T8 36W/54 G13 [12].

Характеристики:

Цоколь: G13

Потужність: 36Вт

Аналог потужності лампи розжарювання: 180Вт

Напруга: 220-230В

Відтінок (колір) світіння: Холодний білий (6500К)

Термін служби: 10 000 годин

Світловий потік : 2550лм

Форма: Лінійна



Рисунок 1.2 – Люмінесцентна лампа Electrum T8 36W/54 G13

Для тренажерного залу взяли люмінесцентну лампу General Electric T8 Standard OT F58W/T8/33/GE/SL/1-25 DS. /13/

Характеристики:

Форма лампи: Лінійна

Тип цоколя(патрона): G13

Потужність: 58Вт

Світловий потік: 4000лм

Колір колби біла

Колірна температура: 4000К (нейтральний білий)

Термін служби (заявлений виробником): 9000 год

Напруга мережі: 220В



Рисунок 1.3 – Люмінесцентна лампа General Electric T8 Standard OT F58W/T8/33/GE/SL/1-25 DS

Оптимальним рішенням для східців та коридорів є люмінесцентна лампа LF 18W/29 Brille. Світло люмінесцентних ламп менш яскравий, ніж світло звичайних ламп розжарювання, але більша площа випромінюючої поверхні компенсує їх світлосилу. Світло люмінесцентних ламп схожий на денній і дозволяє так само добре розрізнити кольори. При роботі температура таких

ламп не підвищується. Також безперечною перевагою є широкий вибір відтінків лампи, які залежать від люмінофорів, які були в ній використані. Відтінки коливаються від холодних блакитно-білих до жовтих. Люмінесцентні лампи дозволяють економити електроенергію, адже порівняно з аналогічними лампами розжарювання вони споживають її в 4-5 разів менше. Термін служби лінійних люмінесцентних ламп становить до 18 000 годин [14].

Характеристики:

- Цоколь: G13
- Потужність: 18Вт
- Аналог потужності лампи розжарювання: 90Вт
- Напруга: 220В
- Світловий потік : 1200лм
- Термін служби: 10 000 годин
- Форма: Лінійна T8



Рисунок 1.4 – Люмінесцентна лампа LF 18W/29 Brille

Для даних типів приміщень було обрано люмінесцентні лампи тому, що вони не потребують високої точності при виконанні зорових робіт, але при цьому мають гарні світлотехнічні та експлуатаційні показники.

Конкретний вибір джерела світла занесено до світло-технічної відомості, відповідно до кожного приміщення.

1.4 Вибір освітлювальних приладів

Сучасне шкільне освітлення дає велике навантаження на зір і на організм дитини. Тому освітлення відіграє важливу роль, так як правильний джерело світла зменшить втому очей і підвищить продуктивність.

Ми рекомендуємо використовувати для шкільного освітлення світильники зі світлодіодами, і обов'язково зі світлорозсіювачами. Матовий і призматичний розсіювач – найідеальніші. Корегована колірна температура, більше питання зручності, ніж питання безпеки. Але у дітей чутливість до синього випромінювання є вищою, ніж у дорослого.

Сьогодні, величезну популярність набирають світлодіодні системи освітлення. Вони мають незаперечний ряд переваг перед традиційними рішеннями з лампами розжарювання й енергозберігаючими люмінесцентними лампами. LED елементи мають найвищий коефіцієнт корисної дії серед освітлювальних приладів. Вони не виділяють великої кількості тепла, а значить, можуть використовуватися в самих різних місцях. LED освітлення споживає на порядок менше електроенергії, ніж традиційні лампи розжарювання. Світлодіоди представлені в широкій колірній гамі [15].

Ультра тонкий світлодіодний світильник LED-37/4W 20pcs NW SMD2835 обираємо для установки в стелю або стіну, для того, щоб освітити навчальні кабінети; музей; майстерні; кабінеті логопеда, педагога-організатора, лікаря; радіовузол; їдальню.

Корпус світильника виготовлений з алюмінію, покритого порошковою фарбою білого кольору. Розсіювач світла виготовлений із пластику, рівномірно розсіює світло. Він не пожовтіє з часом.

Виконаний він у стилі hi-tech: правильна квадратна форма, з відсутністю будь-яких декоративних елементів. Він досить ергономічний, не вимагає особливого догляду, але приносить максимум комфорту і задоволення від якісного світла.

Джерелом світла виступають 20 супер діодів поверхневого монтажу типу SMD2835, які випромінюють нейтральний білий світ. Світлодіоди

розташовані по периметру світильника, що забезпечує рівномірне освітлення без тіней і темних плям. Кут розсіювання світла складає 120 градусів, а коефіцієнт передачі кольору – більше 80%. Цього цілком достатньо для того, щоб предмети в кімнаті і колір шкіри виглядали природно. Світильник розрахований для роботи в мережі змінного струму з номінальною напругою 220 В [16].



Рисунок 1.5 – Світлодіодний світильник LED-37/4W 20pcs NW SMD2835

Характеристики:

Тип товару: Стельовий світильник

Монтаж: Вбудовується

Потужність: 4Вт

Напруга: 220В

Відтінок (колір) світіння: 4500К (Нейтральний)

Тип світлодіодів: SMD 2835

Кількість світлодіодів: 20

Світловий потік: 330лм

Індекс передачі кольору: Ra >80

Кут розсіювання: 120°

Термін служби 35 000 годин

Ступінь захисту оболонки: IP20

Матеріал: Пластик, Метал

Висота: 20мм

Діаметр врізний: 90x90мм

Ширина: 110мм

Довжина: 110мм

Тип використовуваної лампи: Вбудовані LED

Світлодіодний точковий світильник LED-36/3W 15pcs NW SMD2835 застосовуємо в якості основного освітлення у препараторських. Цей світильник є альтернативою класичним способам освітлення, до його переваг належить естетичність системи освітлення, а також її довговічність і простота монтажу.

Джерелом світла служать 15 світлодіодів типу SMD2835, випромінюють нейтральний білий світ зі світловим потоком 85-90лм/Вт. Розташовані вони по периметру світильника, що забезпечує рівномірне освітлення без темних плям і зон. Потужність складає 3Вт, розрахований він для роботи в мережі змінного струму з номінальною напругою 220В. Кут розсіювання світла – 120 градусів.

Світлодіодний круглий вбудований світильник виконаний в стилі hi-tech: класична кругла форма, відсутність будь-яких декоративних елементів. Виготовлений він з алюмінію, покритого білою порошковою фарбою, нижня пластикова частина служить розсіювачем світла, який не пожовтіє з часом. Лапки-тримачі світильника виготовлені з нікелю, вони досить зручні і не ламаються. В комплект входить блок живлення, інсталяційні пружини, інструкція [17].



Рисунок 1.6 – Світлодіодний точковий світильник LED-36/3W 15pcs NW SMD2835

Характеристики:

Тип товару: Стельовий світильник

Монтаж: Вбудовується

Потужність: 3Вт

Напруга: 220В

Відтінок (колір) світіння: 4500К (Нейтральний)

Тип світлодіодів: SMD 2835

Кількість світлодіодів: 15

Світловий потік: 265лм

Індекс передачі кольору: Ra >80

Кут розсіювання: 120°

Термін служби: 35 000 годин

Ступінь захисту оболонки: IP20

Матеріал: Пластик, Метал

Висота: 20мм

Діаметр: 85мм

Діаметр врізний: 65мм

Тип використовуваної лампи: Вбудовані LED

Нормовані показники освітлення в навчальних класах на середині дошки (1,5м від підлоги) становить 500лк. Це можна досягнути за допомогою додаткових світильників. Для цього використовуємо LED-503/1.2 W 18pcs WW SMD3020. Це світлодіодне підсвічування, яке може бути використане в якості самостійного декоративного елемента, а також для освітлення окремих деталей інтер'єру, наприклад, шкільної дошки. Потужність даного світильника складає 1,2Вт, що є аналогією звичайної галогенної лампи, потужністю 12Вт. У світильник встановлено 18 діодів SMD3020, які випромінюють теплий білий світ зі світловим потоком 68лм. Середній термін служби світильника становить 50000 годин, що в 50 разів більше у порівнянні з галогенною лампою. Корпус світильника LED-503/1.2 W 18pcs WW SMD3020 виконаний з хромованого металу, що дозволяє використовувати його в найсміливіших дизайнерських ідеях. Для роботи світильника необхідна мережа живлення з напругою 220В [18].



Рисунок 1.7 – Світлодіодна підсвітка LED-503/1.2 W 18pcs WW SMD3020

Характеристики:

Монтаж: Накладний

Потужність: 1,2Вт

Напруга: 220В

Тип світлодіоди: SMD 3020

Кількість світлодіодів: 18

Світловий потік: 68лм

Термін служби: 50 000 годин

Ступінь захисту оболонки: IP20

Матеріал: Метал

Висота: 170мм

Ширина: 350мм

Тип використовуваної лампи: Вбудовані LED

Спортивний зал – це місце найбільш активного життя всієї школи. В ньому не просто дозволяють побігати, пострибати, зробити гімнастику. Тут проводяться спортивні ігри та змагання дітей. Футбол, волейбол та інші ігри з м'ячем створюють певну небезпеку для встановлених освітлювальних приладів. При попаданні м'яча в незахищений світильник плафон може бути розбитий і осколки розсиплюються по всьому залу. У цьому випадку існує небезпека травмування дітей. Крім цього, іноді решітку одягають безпосередньо на сам світильник, прямо на його корпус. Такий захист світильників у спортзалі не забезпечить цілісність приладу. Удар м'ячем також впливає і на саму лампу, яка також буде постійно виходити з ладу. Надійний

захист мають світильники для спортзалу, які всередині області решітки, але не стикаються з нею. Сама решітка повинна бути жорсткою конструкцією і витримувати досить високі фізичні навантаження.

Виходячи з вище вказаного, для малого спортивного залу та тренажерного залу обираємо накладний світильник OPL/S 236 та OPL/S 258 із захисною решіткою 2x36/2x58 SPORT відповідно.

Характеристики:

Вид монтажу: Накладний

Матеріал корпусу: Листова сталь

Колір корпусу: Білий RAL9003

Розсіювач: Опаловий ПММА

Кріплення розсіювача: Прихованими пружинами

Розподіл світла: прямий

Матеріал корпусу: Листова сталь

Пило – вологозахист: IP20

Клас електробезпеки: I

Тип ПРА: електронне

Тип лампи: Лінійна люмінесцентна лампа T8 цоколь G13

Цоколь лампи: G13

Кількість ламп: 2шт.

Потужність: 36 (58) Вт

Номинальна напруга: 220В

Умови експлуатації: УХЛ4 – експлуатація в закритих приміщеннях з опаленням і зі штучною вентиляцією (регулювання температурних умов, немає низьких температур, низька концентрація пилу) [19].



Рисунок 1.8 – Накладний світильник OPL/S 236 із захисною решіткою 2x36 SPORT

Перед вами потужне джерело світла, здатне освітлити велику площу, як гімнастичний зал (225м^2) з висотою стелі 9 метрів – світлодіодний прожектор HL-21/20W LED SMD CW IP65 від ТМ BRILLE. Цей освітлювальний прилад забезпечить стабільну роботу протягом тривалого часу (близько 50 000 годин), а також високої якості освітлення і економію електроенергії. Світильник працює за допомогою 36 світлодіодів, які випромінюють рівний холодний білий світ зі світловим потоком 750лм. Потужність світильника становить 20Вт, розрахований він для роботи в мережі змінного струму з номінальною напругою 220Вт. Прожектор має широкий кут розсіювання – 120 градусів. Він обладнаний монтажної скобою, яка дозволяє кріпити світильник як горизонтально, так і вертикально. До того ж є можливість регулювати кут нахилу освітлювального приладу, а, відповідно, і площу освітлення. Світлодіодний прожектор виготовлений з металу і загартованого скла, ступінь захисту його оболонки IP65, а це значить, що він захищений від механічних пошкоджень і потрапляння води всередину корпусу, сторонніх твердих предметів. Додатково прожектор обладнаний вбудованим драйвером стабілізації напруги (ССD). Отже, перебої в електромережі не порушать роботу освітлювального приладу [20].



Рисунок 1.9 – Світлодіодний прожектор HL-21/20W LED SMD CW IP65

Світильник AL-15 E27 WHITE накладний, круглий є відповідним варіантом для освітлення складського приміщення, архіву, роздягальні, санвузлів та душової. Вони монтуються на стіну або стелю. Світильник має ступінь захисту оболонки IP44, що означає захист від бризок, що падають в будь-якому напрямку. В якості джерела світла тут використовується компактна люмінесцентна лампа. Безперечною перевагою люмінесцентної лампи також є низька робоча температура колби (до +40 градусів) [21].

Характеристики:

Тип товару: Настінно-стельовий світильник

Цоколь: E27

Потужність: 60Вт

Напруга: 220В

Кількість ламп: 1

Ступінь захисту оболонки: IP44

Клас захисту: II

Діаметр: 200мм

Ширина: 90мм

Тип використовуваної лампи: Компактна люмінесцентна



Рисунок 1.10 – Світильник вологозахищений AL-15 E27 WHITE

Накладний пластиковий світильник BS-12/2x18W IP64 PS electronic розрахований на дві лінійні люмінесцентні лампи. Його корпус виготовлений з пластику сірого кольору, а захисний екран з напівпрозорого пластику. Такі світильники будемо використовувати для освітлення коридорів та сходових. Цей світильник обладнаний електронним ПРА [22].

Характеристики:

Тип товару: Лінійний світильник

Монтаж: Накладний

Цоколь: G13

Потужність: 18Вт

Напруга: 220В

Кількість ламп: 2

Ступінь захисту оболонки: IP64

Матеріал: Пластик

Висота: 55мм

Ширина: 105мм

Довжина: 655мм

Тип використовуваної лампи: Люмінесцентна



Рисунок 1.11 – Світильник люмінесцентний накладний BS-12/2x18W IP64 PS electronic

1.5 Вибір системи освітлення та видів освітлення

Загальна рівномірна та комбінована система освітлення була обрана для шкільного закладу. Система комбінованого освітлення включає в себе

світильники, розміщені безпосередньо біля робочого місця і призначені для освітлення лише робочої поверхні, а також світильники загального освітлення, що вирівнюють розподіл яскравості в полі зору і створюють необхідну освітленість по проходах приміщень.

Поряд з робочим освітленням проектуємо аварійне освітлення для безпечної евакуації в разі необхідності. Воно передбачається в коридорах і проходах гімназії, а також в приміщеннях, де перебуває більше 100 чоловік одночасно [23].

Згідно з вимогами ПУЕ (правила улаштування електроустановок) світильники аварійного освітлення для продовження роботи повинні бути приєднані до незалежного джерела живлення, тобто до джерела живлення, на якому зберігається напруга при зникненні його на інших джерелах даного об'єкта. Аварійні світильники передбачаються з ряду робочих, але живитися будуть окремим проводом [24].

Ідеальне освітлення для шкільних закладів – динамічне, з повторенням природною світловою динамікою і по кольоровості і інтенсивності. Для школярів, дітей важлива повнота світлового спектру, який наближений до природного світла. Вечірньої пори небажані холодне світло і надмірний рівень освітленості.

В спектрі білого світлодіодного світла присутній виражений вузький синій пік. Залежно від загальної частки потоку випромінювання у всьому діапазоні синьо-блакитного спектру визначається вплив на систему. Цей вплив визначається з урахуванням відносної спектральної ефективності і придушенням секреції мелатоніну.

Чим вище колірна температура джерела світла, тим вище біологічне дію світла. Дослідники виявили, що при однаковій кольоровій температурі для різних джерел світла будь то натрієві, люмінесцентні, світлодіодні лампи, біологічну дію однаково.

Світлодіодна продукція не більше небезпечна, ніж будь-яка інша освітлювальна продукція з тими ж колірними температурами. Білий світ

світильників, які використовують для загального освітлення приміщень, не несе ризику небезпеки синього світла.

В першу чергу яскравості джерела світла впливає на біологічний вплив. У другу чергу впливає загальний індекс передачі кольору. Він визначає психофізичний комфорт світлового середовища. Побічно характеризуючи ступінь близькості спектра штучного світла до спектру денного світла. Чим вище цей індекс, тим ближче такий спектр до природного. Тому штучне світло не гірше і не небезпечніше природного [15].

Ми рекомендуємо для шкільних установ застосовувати лампи зі значенням загального індексу передачі кольору $R_a = 90$, мінімально прийнятний $R_a = 80$ та динамічно регулювати рівень освітлення в Хорольській гімназії, змінюючи залежно від часу та природного освітлення.

1.6 Світлотехнічний розрахунок

Розрахунок за методом коефіцієнта використання полягає в визначенні коефіцієнта η , що дорівнює відношенню світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до повного потоку світлового приладу.

На практиці значення коефіцієнтів використання знаходяться по таблицях, що пов'язують геометричні параметри приміщень (індекс приміщень) з їх оптичними характеристиками ($\rho_c, \rho_{ст}, \rho_{п}$).

На прикладі проведемо світлотехнічний розрахунок кабінету образотворчого мистецтва:

- розміри 6×6 м; висота стелі 3 м;
- освітлювальний прилад для вибраної LED-37/4W 20pcs;
- джерело світла – 20 світлодіодів типу SMD2835, $\Phi_{л} = 330$ лм;
- за даними ДБН В.Х.5–2.8–2006: $E = 500$ лк, $k_3 = 1,4$.

1) Знаходимо розрахункову висоту h_p

$$h_p = H - h_{рп} - h_{зс}, \quad (1.1)$$

де H – висота приміщення, м;

$h_{рп}$ – висота робочої поверхні, що становить 0,8 м;

$h_{зс}$ – висота звісу світильника.

$$h_p = 3 - 0,8 - 0 = 2,2 \text{ (м)}$$

2) Знаходимо індекс приміщення i

$$i = \frac{a*b}{h_p(a+b)}, \quad (1.2)$$

де a – довжина приміщення, м;

b – ширина приміщення, м;

h_p – розрахункова висота, м.

$$i = \frac{6*6}{2,2(6+6)} = 1,36$$

3) За табличними даними /6, с.189/, коефіцієнтом відбиття поверхні приміщення $\rho_c=0,7$; $\rho_{ст}=0,5$; $\rho_{п}=0,3$ та розрахованим індексом приміщення визначаємо величину коефіцієнта використання

$$\eta = 0,58$$

4) Визначаємо необхідну кількість світильників N , яка забезпечить освітленість, вибрану по ДБН В.Х.5–2.8–2006

$$N = \frac{E*k_3*z*S}{\eta*\Phi*n}, \quad (1.3)$$

де E – освітленість, лк;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 1,1$;

S – площа приміщення, м²;

η – коефіцієнт використання;

Φ – світловий потік лампи, лм;

n – кількість ламп в одному освітлювальному приладі, шт.

$$N = \frac{500 * 1,4 * 1,1 * 36}{0,58 * 330 * 20} = \frac{27720}{3828} = 8 \text{ (шт.)}$$

5) Для даної освітлювальної установки розраховуємо потужність за формулою

$$P_{ОУ} = P_{л} * n * N(1 + 0,25), \quad (1.4)$$

де $P_{л}$ – потужність однієї лампи, кВт;

n – кількість ламп в світильнику, шт;

N – кількість світильників за розрахунком, шт;

$(1 + 0,25)$ – втрати потужності в ПРА.

$$P_{0y} = 0,004 * 20 * 8(1 + 0,25) = 1,2(\text{кВт})$$

Відповідно проводимо світлотехнічний розрахунок до інших приміщень за наведеним зразком.

1.7 Моделювання освітлювальної установки

DIALux — потужна комп'ютерна програма розрахунку й безпосереднього дизайну штучного освітлення. Даний софт розробляється з 1994 року компанією DIAL (Deutsche Institut fur Angewandte Lichttechnik). Ця компанія представлена німецьким інститутом прикладної світлотехніки. Програма для розрахунку освітлення поширюється абсолютно безкоштовно і в свою чергу може застосовувати будь-які дані освітлювального технічного обладнання різних виробників, у яких існують електронні бази, виготовлених світильників у визначеному форматі, що підтримується системою DIALux.

Дана програма повністю враховує всі нині існуючі вимоги по креативному дизайну і безпосереднього розрахунку штучного освітлення. Програма DIALux також повністю підтримує всі національні і міжнародні стандарти європейських країн і держав [25].

Для прикладу нижче наведено модель освітлення кабінету, отриману програмою DIALux EVO 7.



Рисунок 1.12 – Модель освітлення кабінету

За допомогою програми DIALux можна точно розрахувати у відповідності з діючими нормами освітленості електричне освітлення як зовнішніх, так і внутрішніх сцен, різне вуличне освітлення, зовнішнє освітлення, а також отримати графічну візуалізацію майбутнього проекту [25].

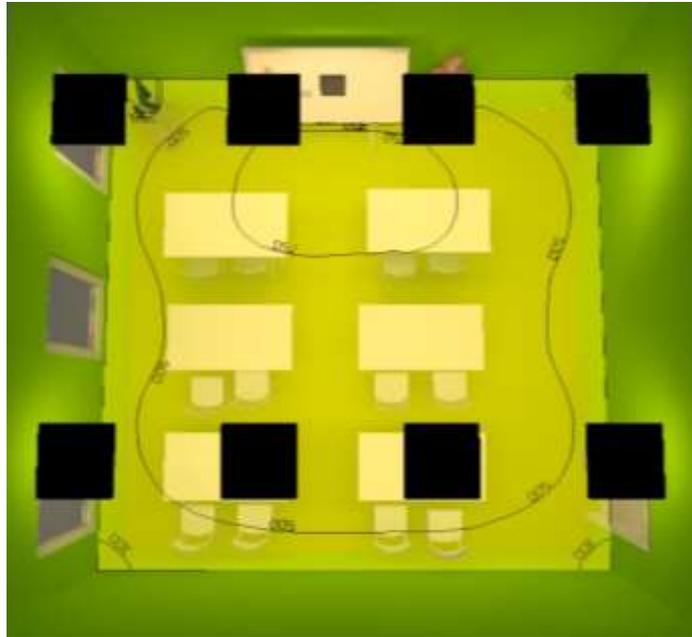


Рисунок 1.13 – Криві розподілу освітленості на робочих поверхнях кабінету

1.8 Розміщення освітлювальних приладів

Вибір розташування світильників загального освітлення є одним з основних питань, які необхідно розв'язати при проектуванні освітлювальних установок, що впливають на економічність останніх, якість освітлення й зручність експлуатації. Для кожної типової кривої сили світла (типу світильника) існує найвигідніша відносна відстань між світильниками, при якій забезпечується найбільша рівномірність розподілу освітленості, а також найвигідніша відносна відстань між світильниками при якій забезпечується максимальна енергетична економічність [25].

Розміщення LED світильників у навчальних класах і аудиторіях залежить від характеру природного освітлення (як правило, одностороннє або двостороннє бічне). Світильники розташовуються паралельно стіни з віконними прорізами на відстані 1,2м від неї і 1,5м від внутрішньої.

Щоб забезпечити хорошу видимість тексту і графіки з будь-якої точки приміщення, навчальні дошки підсвічуються спрямованим світлом світильників, які виключають засліплення працюючих біля дошки викладачів і учнів. Світильники розташовуються перед дошкою, паралельно їй, вище верхнього краю на 0,3м і 0,6м в сторону парт або столів [26].

Світильники із трубчастими, тобто в основному люмінесцентними лампами, переважно розміщуються рядами, бажано паралельно стіні з вікнами або довгій стороні вузького приміщення. Розміщення світильників за такою схемою іноді оскаржується архітекторами з естетичних міркувань як таке, що психологічно підкреслює подовженість приміщення. Але у приміщеннях, призначених для роботи, треба, як правило, наполягати на такому розміщенні: напрямок світла в цьому випадку наближається до напрямку природного світла, полегшується можливість включення в сутінки тільки освітлення в глибині приміщення, при звичайній орієнтації робочих місць так, що природне світло падає на них ліворуч, зменшується пряма та відбита блискість і, нарешті, виявляється менша довжина групової мережі [7].

Виходячи з цього, при використанні загального рівномірного освітлення, розміщення світильників будемо проводити рівномірно по всій поверхні приміщення, для створення додаткового освітлення на робочих місцях проектуємо в приміщеннях розеточну лінію.

2 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ БУДІВЕЛЬ

2.1 Нормативна база щодо підвищення енергетичної ефективності та енергозберігаючих заходів

Однією з цілей цього закону стало створення організаційних, економічних та правових засад для того, щоб підвищити енергетичну ефективність та простимулювати підвищення енергозбереження [3]. Було встановлено перелік конкретних вимог, що пред'являються до інженерних систем та конструкцій, які повинні враховуватись фахівцями при розробці проектів.

У завданні на розробку проекту модернізації необхідно вказувати клас енергоефективності «В», а також відсоток зниження питомого нормованого витрати енергії на цілі опалення та вентиляції по відношенню до базового рівня.

Розрахунок енергетичної ефективності варіантів енергозберігаючих заходів у будинках може здійснюватися на стадії передпроектних опрацювань, на стадії проекту при встановленні рівня теплозахисних показників огорожуючих конструкцій будівлі і розробці енергозберігаючих заходів для інженерних систем, які обслуговують будівлю.

Розрахунок енергетичної ефективності необхідно проводити відповідно до ДСТУ [9]. При цьому також слід враховувати витрати теплової та електричної енергії та води, яка потрібна для забезпечення життєдіяльності будівлі системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, на електроосвітлення, роботу електро побутових приладів та оргтехніки. Можна брати до уваги всіх технологічних споживачів енергії в якості джерел теплонадходжень до будівлі. Результати розрахунку можуть використовуватись для вибору найбільш доцільного варіанта проектного рішення за його техніко-економічному обґрунтуванні.

Передбачається, що умови в внутрішніх приміщеннях відповідають умовам комфортності за такими показниками, як: температура, відносна вологість, склад повітря, якість освітлення, акустичні параметри, або забезпечують захист від замерзання трубопроводних комунікацій і що зберігаються у приміщенні матеріалів. Енергоефективність можна оцінити за допомогою контрольних показників роботи наступних систем будівлі: опалення, охолодження, освітлення, автономне та централізоване теплопостачання, гаряче водопостачання, вентиляція та кондиціонування повітря.

Як основне завдання для реалізації принципів теплозахисту будівель необхідно передбачати досягнення необхідних теплових параметрів середовища у приміщеннях, необхідні перебування людей. Виходячи з цього регулююча функція будівлі визначатися як забезпечення різниці між сукупністю необхідних умов усередині приміщень мікроклімат або мікроклімат приміщень), і зовнішніми кліматичними умовами для заданої місцевості. Формування теплового середовища приміщення в основному має спиратися на облік температурно-вологісних характеристик, таких як температура повітря, вологість, випромінювання поверхонь, напрямок та швидкість руху повітря. Також їх можна узгодити з необхідністю підтримувати людиною сталість температури свого тіла незалежно від температури навколишнього середовища. Оцінюючи реакції людини на температуру та інші параметри беруться до уваги ті, які пов'язані з фізіологією, а також з емоційним станом фактори та збереженням працездатності.

2.2 Енергозберігаючі рішення в системах забезпечення мікроклімату будівель

Багато зарубіжних та українських вчених займалися вивченням різних заходів, спрямованих на підвищення енергозбереження житлових, громадських, промислових та інших будівель. Питанням підвищення енергоефективності та розвитку енергозбереження, а також розробкою та створенням енергоефективних будівель присвячено роботи [15-29] та інші.

В рамках вищезгаданої програми були проведені такі роботи:

- заміна вікон;
- додаткове утеплення стін;
- модернізація інженерних систем.

З багатьох причин (використання найдешевших варіантів реконструкції чи можливості докорінно покращити систему опалення в будинках, старих серій, немає можливості встановлення системи обліку, відсутня можливість організувати систему вентиляції) ефект від вищевказаних робіт був дуже незначним – вдалося лише знизити питомі витрати на опалення трохи більше, ніж 10 –15%. Такого ефекту від реалізації заходів явно було замало. Подібні результати значно відрізняються від результатів санації аналогічних будівель в інших країнах із подібними кліматичними умовами (наприклад, Німеччина). Можна, можливо зробити висновки, що швидше за все різниця в ефективності можливо пов'язана з більш комплексним підходом європейських партнерів до вирішення проблеми та у тому числі більш продуманими рішеннями щодо реконструкції старих будівель.

Енергозберігаючі заходи в системах забезпечення мікроклімату мають на меті при мінімальній витраті енергії забезпечити задані (необхідні) значення енергетичних показників мікроклімату приміщення. При проектуванні систем кліматизації слід передусім віддавати перевагу раціональним видам систем, потім передбачати комплекс заходів щодо зниження навантаження на системи та зниження енергоспоживання у процесі

експлуатації. Останнє може бути досягнуто в результаті застосування ефективних методів регулювання.

Великий вплив на енергоспоживання мають архітектурно-планувальні рішення та параметри теплозахисту, які визначають теплове навантаження на системи опалення, вентиляції та кондиціонування.

Крім теплозахисту будівлі підвищити енергетичну ефективність забезпечення мікроклімату може економічна оптимізація конструктивних елементів будівлі. Тепло надходження від сонячної радіації залежать від ступеня скління фасадів, наявності сонцезахисних пристроїв, а також співвідношення сторін будівлі та орієнтації фасадів будівлі. До зростання витрати теплоти на опалення-охолодження будівлі призводить до збільшення ступеня скління.

На енергоспоживання впливає форма будівель. Для будівель, що мають витягнуту форму, можна вибрати таку орієнтацію, при якій витрата теплоти на опалення буде найменшою. Від співвідношення висоти будівлі та сторін будівлі залежить площа зовнішніх огорож і, отже, величина тепловтрат.

Ефективним засобом зниження теплових навантажень на системи кліматизації служить поєднання функцій огорожень та систем. те, наприклад, вентиляовані вікна, в яких у холодну пору утилізується тепло витяжного повітря, а в теплу пору видаляється поглинене у вікні тепло від сонячної радіації.

Істотно знизити теплове навантаження на системи вентиляції та кондиціонування в теплий період року може нічне провітрювання, при якому повітрообмін може бути знизений майже у 2 рази. Додатково повітрообмін може бути зменшений при використанні для нічного провітрювання каналів міжповерхових перекриттів.

Одним з найбільш використовуваних методів підвищення енергоефективності є утилізація теплоти викидного повітря. У теплообміннику теплота повітря, що видаляється витяжними системами,

передається припливним повітрям, що знижує теплоспоживання повітрянагрівачів систем вентиляції та кондиціонування.

Для того, щоб підвищити потенціал вторинних поновлюваних джерел енергії необхідно використовувати теплові насоси, які є зверненою холодильною машиною, за допомогою якої можна витягти тепло із середовища з низькою температурою, тобто низькопотенційне тепло.

Одним із невичерпних джерел тепла є сонячна енергія, яка використовується у геліоустановках.

Зменшити енергоспоживання системами забезпечення мікроклімату можуть енергоефективні режими роботи та періодична робота систем опалення, при якому в період, коли приміщення не експлуатується, у ньому підтримується нижча температура, періодичне вентилявання.

Таким чином ясно, що загалом знизити енергоспоживання системами забезпечення мікроклімату можна, об'єднавши в комплексі всі пристрої та технології зниження енергоспоживання до рівня, при якому зберігаються необхідні параметри мікроклімату у приміщенні. то можливо за наявності системи автоматизованого керування.

Також було вивчено роботи (дослідження), які були проведені каліфорнійськими вченими. Каліфорнійські вчені проаналізували результати дослідження, які були профінансовані в рамках Громадської програми енергетичних досліджень Каліфорнійської енергетичної комісії (США) та охопили 215 модулів ОВіК у 75 різних будинках [27]. Аналіз досліджень показав, що проблема, яка була згадана в роботі, а саме перевитрата енергії, виникає через слабку системну інтеграцію під час проектування. Пропонована стратегія інтегрованого проектування ґрунтується також на тому факті, що системи опалення, вентиляції та кондиціонування не можуть функціонувати незалежно один від одного, а є частиною взаємодіючого комплексу, тобто будівлі, інженерного обладнання будівлі, а також внутрішніх санітарно-технічних систем.

Стратегія зменшення теплового навантаження за рахунок використання економічного освітлення, посиленої теплової ізоляції, високоякісного скління дахів з поверхнею, що відбиває, і т.п. є головними елементами стратегії.

Заходи, які вживаються ще на стадії розробки проекту, окупаються за рахунок того, що зменшується необхідна потужність і, водночас, зменшується вартість обладнання ОВіК, а також відповідних розподільних систем.

Порівняння того ефекту, що досягається від впровадження енергозберігаючих заходів та на підставі отриманих даних [27] було виготовлено для трьох каліфорнійських міст. Діаграма зниження потужності систем ОВіК представлена рис. 2.1.

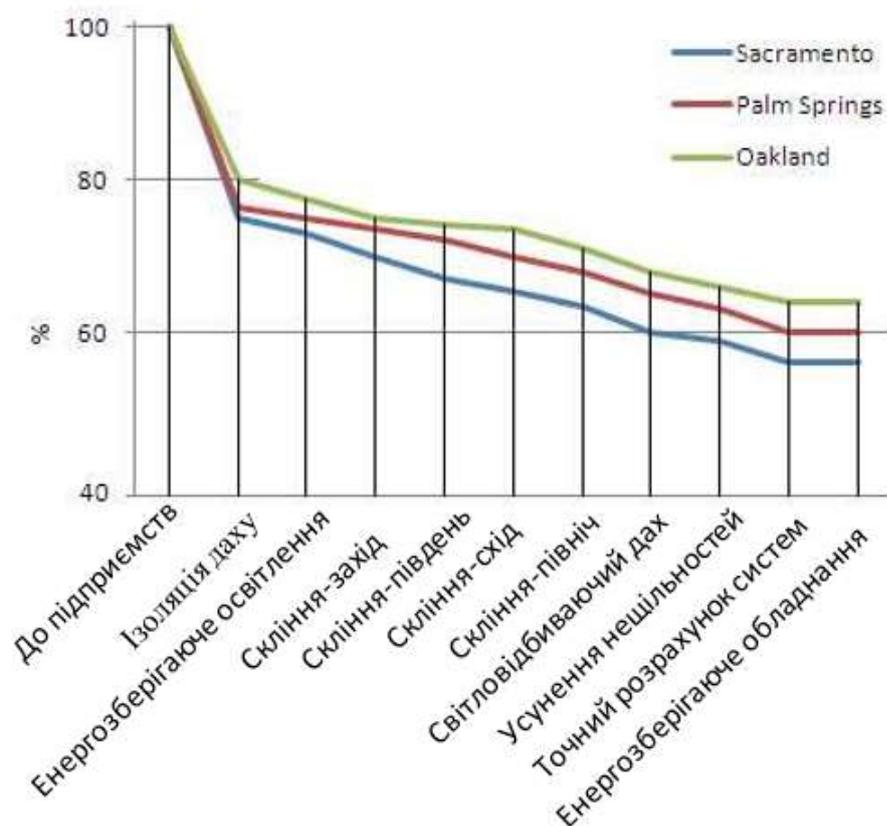


Рисунок 2.1 – Зниження потужності систем ОВіК внаслідок впровадження енергозберігаючих заходів

Результати показали, що теплоізоляція даху дає найбільший ефект серед енергозберігаючих заходів (близько 25%). Хоча при цьому загальну потужність систем ОВіК вдалося знизити лише на 35...45 % залежно від географічного розташування об'єкта.

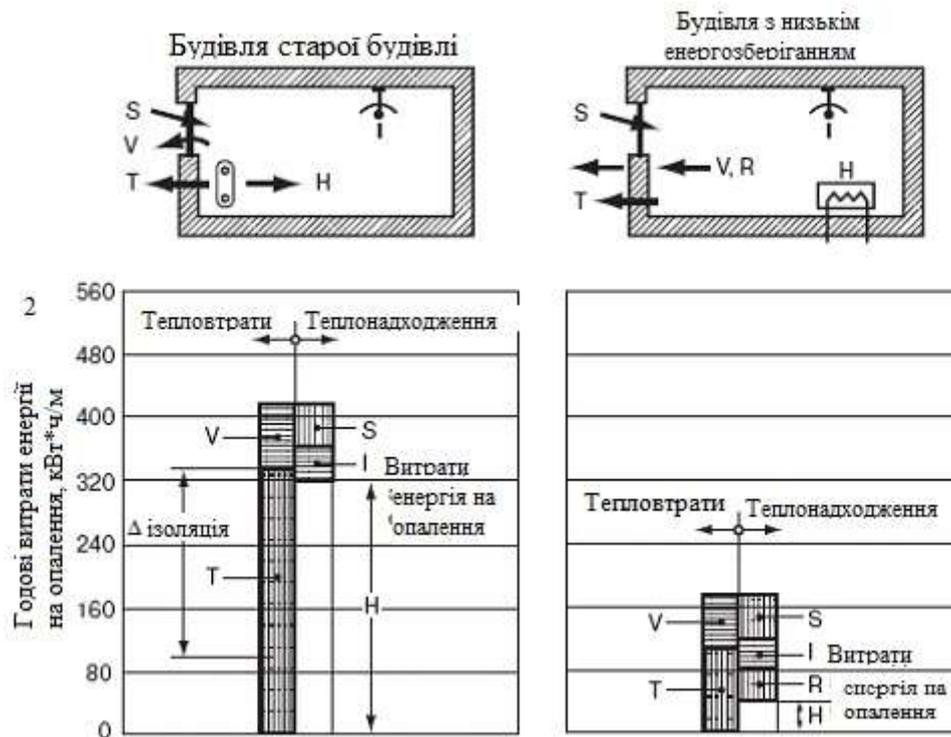
Також було розглянуто дослідження професора Карла Гертіса [30].

Карл Гертіс розглядає на прикладі Німеччини можливість різкого зниження енергії будівлі, яка необхідна для опалення, яка досягається за рахунок покращення теплоізоляції будівлі, а також використання енергоефективних опалювальних систем.

Тому можна сказати, що шлях переходу від будівель старої споруди (група 1), з питомою витратою енергії на опалення $300\text{--}400 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, до будівель з низьким енергоспоживанням (група 2), яке використовується на опалення від 40 до $80 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, чітко позначений, тобто для того, щоб знизити енергоспоживання всієї будівлі чи будівель достатньо врахувати такі елементи, які в порядку їх значимості:

- 1) теплоізоляція будівель із високою ефективністю;
- 2) сучасні системи опалення з регулюванням, які відповідають високому рівню теплоізоляції з високим ККД;
- 3) великі скляні поверхні (вікна), які призначені для пасивного використання сонячної енергії, і які встановлюються з південного боку будівлі;
- 4) рекуперація тепла у системах вентиляції.

Ефективність кожного окремо взятого елемента можна побачити безпосередньо із теплового балансу будівлі. Так, на рис. 2.2 представлено приклад теплового балансу будівлі групи 1 (будівля старої споруди) порівняння з тепловим балансом будівлі групи 2 (будівля з низьким енергоспоживанням). У лівій колонці рис.2.2 представлені теплові втрати, а у правій – теплонадходження. Кожна окрема складова балансу (V, T, S, I, R, H) графічно складена з рештою.



T – Тепловтрати через зовнішні захисні конструкції; V – тепловтрати за рахунок вентиляції; H – витрати енергії на опалення; S – теплонадходження із сонячною радіацією; I – побутові теплонадходження; R – утилізація тепла вентиляційного повітря.

Рисунок 2.2 – Річний тепловий баланс будівель

З рис. 2.2 можна зробити такі висновки:

- 1) економія великої кількості енергії можна досягти шляхом збільшення ефективності теплової ізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі, і завдяки цьому можливо суттєво знизити коефіцієнт теплопередачі T;
- 2) при вентиляції V практично не змінюються втрати теплової енергії, тому що будівлі необхідна якісна вентиляція і не тільки в гігієнічних цілях, але і щоб запобігти проблемам з конденсації вологи і запобігти розвитку цвілі. Можна, можливо використовувати частину енергії R у разі встановлення сучасної системи рекуперації тепла;
- 3) кількість теплової енергії, яка виходить за рахунок сонячної енергії S, залишиться приблизно на тому ж рівні в будівлі групи 2 будівлі старої будівлі;
- 4) в обох групах будівель величина енергії побутових теплонадходжень I залишиться практично без змін.

Під показником енергоефективності у нормативних документах ЄС прийнято «відношення енергоспоживання до кондиціонованої (опалювальної) площі будівлі». Тенденція зближення вимог ЄС та СНД щодо оцінки енергозберігаючих заходів у напрямку єдиної європейської методики розрахунку також диктує прийняття наступного визначення. Загальна питома споживання енергії, що йде на опалення, вентиляцію, кондиціонування, гаряче водопостачання, освітлення та експлуатацію інженерної інфраструктури за певний проміжок часу є показником енергоефективності будівлі. Визначення ефективності виконується для будівлі загалом, і навіть окремих його систем. Наприклад, у Фінляндії орієнтування відбувається на показники енергоефективності будівель, які диференційовані за принципом обмеження енерговитрат. Нормативні величини вказані у таблиці №2.1.

Таблиця 2.1 – Типи будівель та споживання енергії для пасивних будинків, низькоенерговитратних будинків, звичайних будівель.

Витрати енергії на опалення, кВт·ч/год

Тип будівлі	Звичайна будівля (сучана)		Низько енерговитратна будівля		Пасивний будинок	
	на 1 м ²	на 1 м ³	на 1 м ²	на 1 м ³	на 1 м ²	на 1 м ³
	Житловий сектор	100	32	50	16	20
Офісне приміщення	90	29	45	14	15	5

Загальні витрати енергії, кВт·ч/год

Тип будівлі	Звичайна будівля (сучана)		Низько енерговитратна будівля		Пасивний будинок	
	на 1 м ²	на 1 м ³	на 1 м ²	на 1 м ³	на 1 м ²	на 1 м ³
	Житловий сектор	200	64	140	45	80
Офісне приміщення	140	45	85	27	45	15

Спроба вирішити окремі завдання окремо один від одного, як правило, не дають належний ефект. Так, наприклад, на термовологий режим будівлі суттєво впливає підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій будівель та вимагає зміни системи опалення та вентиляції. І якщо не підвищувати термічний опір віконних блоків, стає неможливим підвищення теплового опору стінових огорож і це не призводить до необхідних результатів та інше. Дослідження, які були проведені у нас і в ряді зарубіжних розвинених країн, дозволяють стверджувати, що ефективна політика енергозбереження у будівництві можлива тільки у разі комплексного підходу: а це досягається під час розгляду житлового будівлі як системи, що забезпечує у приміщеннях необхідний комфорт та якісний мікроклімат для проживання людини. Причому такий підхід необхідно реалізувати як і для житла, що знову будується, так і для існуючого, а це можливо зробити тільки за кардинальної зміни системи проектування, яка заснована на інтеграції всіх інженерних систем будівлі та конструктивних елементів.

2.3 Енергозберігаюче обладнання інженерних систем мікроклімату будівель

2.3.1. Припливно-витяжна система вентиляції з рекуперацією

Рекуперацією тепла (зворотне одержання тепла) називається процес теплообміну, під час якого тепло забирається від повітря, що видаляється і передається свіжому вхідному повітрю. Рекуперация можлива із застосуванням припливно-витяжних установок та центральних кондиціонерів з наявністю в них рекупераційного теплообмінника. Процес відбувається так, що в результаті повітря, що викидається, і свіже повітря відокремлені один від одного, так щоб не відбувалося їхнє змішування. В охолоджених приміщеннях використовуються рекупераційні теплообмінники зі зворотним способом, тобто для рекуперації холоду. За рахунок рекуперації тепла можна досягти чималої економії енергії, яка йде на обігрів або на охолодження входить до

будівля повітря, наприклад, при використанні рекуперації для обігріву будинку площею 200 м^2 . у найхолодніший період достатньо 4,5 кВт тепла.

Нижче наведено вимоги до енергоспоживання систем вентиляції для європейських держав.

На енергоспоживання суттєво впливають деякі конструктивні особливості вентиляційних систем: герметичність та теплоізоляція повітроводів, наявність рекуперації теплової енергії, і т. п. Найчастіше встановлюються мінімальні вимоги до рекуперації теплової енергії, що забезпечуються декількома способами, наприклад, виходячи з продуктивності за розрахункових умов чи сезонного енергоспоживання.

Ефективність рекуперації теплової енергії в більшості країн ґрунтується на температурі та становить від 65–75 % (у Словенії) до 90 % (у Нідерланди). Так у Фінляндії вимоги ґрунтуються на спільній річній рекуперації тепла з вентиляційного повітря всієї будівлі (необхідно забирати мінімум 45% теплової енергії). Потужність системи вентиляції також регулюється за питомою потужністю вентиляторів, яка включає конструкцію повітроводів (падіння тиску) та ефективність вентилятора в кВт на $\text{м}^3/\text{с}$ витрати повітря. Для електродвигунів вентиляторів також встановлюються вимоги. У багатьох країнах, наприклад, встановлюється вимоги до повітроводів у частині герметичності та теплоізоляції.

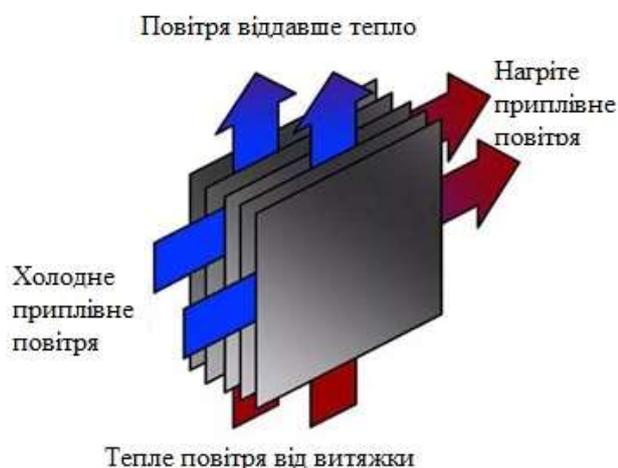
Пластинчасті рекуператори. Припливне і повітря, що видаляється, проходять з обох боків ряду пластин (рис. 2.3). Таким чином практично виключається контакт припливного та повітря, що видаляється.

Рисунок 2.3 – Принцип роботи пластинчатого рекуператора

Пластинчасті рекуператори оснащуються відведеннями конденсату, тому що є ймовірність того, що може утворюватися на пластинах. Випадання конденсату призводить до утворення льоду, з цього випливає, що є необхідність у систему розморожування.

Рекуперація тепла також може регулюватися допомогою перепускнуго клапана, який контролює витрату повітря, який проходить через повітряний рекуператор. Пластинчастий рекуператор не має рухливих елементів.

Роторні рекуператори. У роторних рекуператорах відбувається обмін температур двох потоків повітря (рис. 2.4). Теплообмін відбувається за рахунок того, що ротор безперервно обертається між видаленим і припливними каналами. Роторні рекуператори мають істотний недолік, а саме є ймовірність, що запахи та забруднювачі, що виділяються людьми, будівельними матеріалами, меблями, можуть переміщатися з видаленого повітря у припливний. Цей недолік можна вирішити за рахунок правильного розташування вентиляторів. Швидкість обертання ротора регулює рівень рекуперації тепла У таких рекуператорах є рухомих частин.



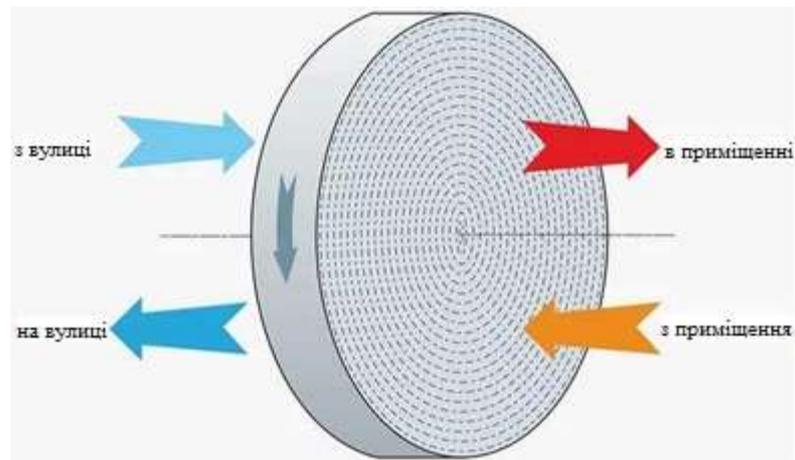


Рисунок 2.4 – Принцип роботи роторного рекуператора

Камерні рекуператори. Камерний рекуператор представлений на рис.2.5, на якому видно, що заслінка розділяє камеру на дві частини. Одна частина камери нагрівається повітрям, що видаляється, далі заслінка змінює напрям повітряного потоку таким чином, що припливне повітря вже нагрівається від нагрітих стін камери. Також у камерних рекуператорів існує недолік, який полягає в тому, що забруднення та запахи, які містяться в повітрі, що видаляється, можуть передаватися в припливний.

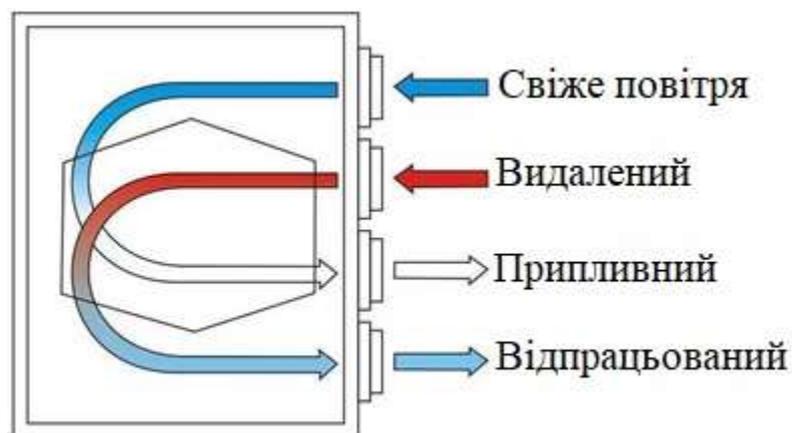


Рисунок 2.5 – Принцип роботи камерного рекуператора

Рекуператори із проміжним теплоносієм. Такі рекуператори зазвичай використовуються в системах, де неприпустиме змішання потоків повітря, а також у тих випадках, коли існує велика відстань між установками (припливний та витяжний). За допомогою теплообмінника,

який встановлений у витяжній частині установки, теплоносій отримує тепло від видаленого повітря і потім передає його повітря, що подається за допомогою теплообмінника, який встановлений у припливній частині установки та виконує функцію початкового нагрівача (рис. 6). Залежно від клімату в якості проміжного теплоносія може використовуватися незамерзаюча рідина (Фреон) або вода.

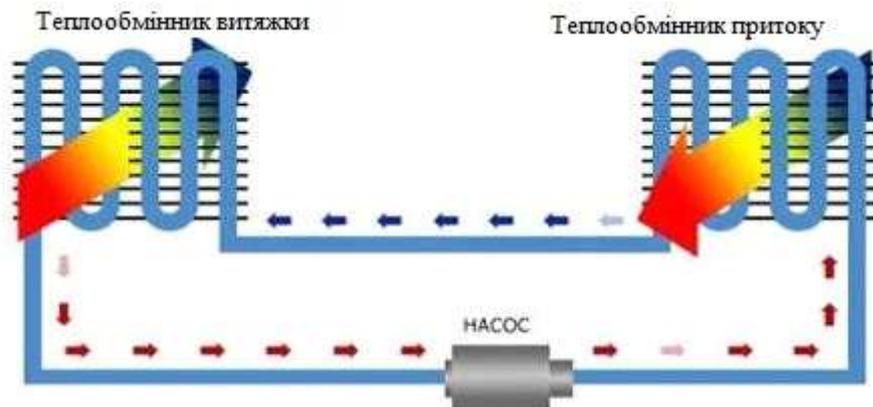


Рисунок 2.6 – Принцип роботи рекуператора з проміжним теплоносієм

Теплові труби Теплові труби складаються із закритої системи трубок, які заповнені фреоном, що випаровується за рахунок тепла, що віддається витяжним повітрям (рис.2.7). Фреон надходить у теплообмінник (конденсатор), який знаходиться в припливній частині установки та конденсується, цим віддаючи тепло припливному повітрі.

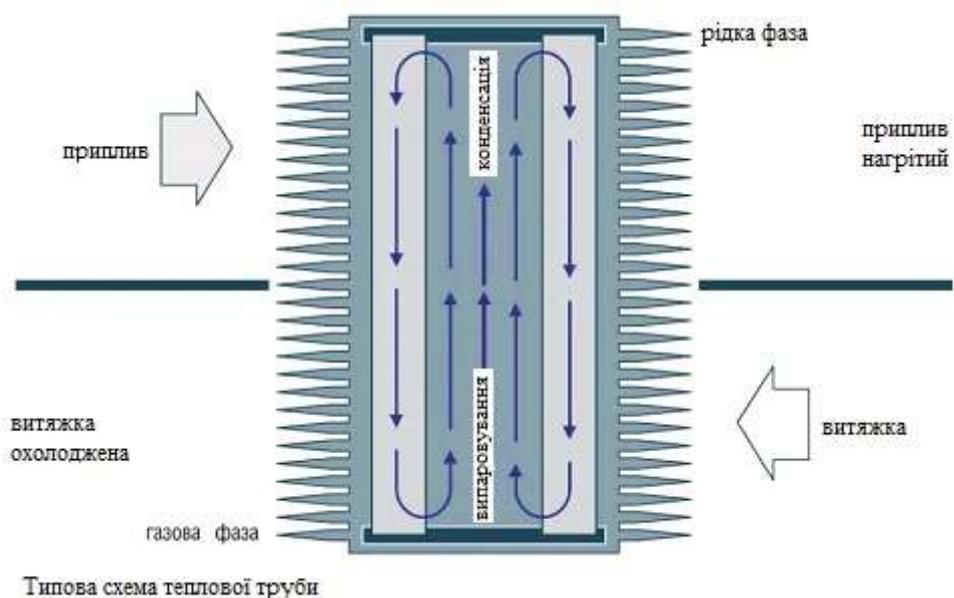


Рисунок 2.7 – Принцип роботи рекуператора з тепловими трубами

2.3.2. Альтернативні системи використання сонячної енергії

Вакуумний колектор з термотрубками. В даний час активно ведуться роботи з розробки фотоелектричних систем, які представляють собою системи, що перетворюють сонячну радіацію безпосередньо в електричну. Колектор поглинає світлову енергію Сонця, яку потім перетворює на тепло, яке передається далі теплоносію (рідини або повітрі) і потім використовується для нагрівання води, обігріву будівель, виробництва електрики. Найбільш ефективними колекторами, які використовуються в цілорічних водонагрівальних установках, є вакуумними сонячними колекторами (рис.2.8).



Рисунок 2.8 – Вакуумний колектор с термотрубками

Термотрубка є закритою мідною трубою з невеликим вмістом легкокиплячої рідини. Рідина випаровується під впливом тепла та забирає тепло вакуумної трубки. Парі піднімаються у верхню частину – головку, де конденсуються та передають тепло незамерзаючої рідини опалювального контуру або теплоносія основного контуру водоспоживання. Далі конденсат стікає донизу, і все повторюється спочатку. Приймач сонячного колектора (мідний з поліуретановою ізоляцією), закривається нержавіючим листом.

Передача тепла відбувається через мідну "гільзу", яка встановлена у приймачі. Завдяки цьому опалювальний контур відокремлений від трубок. При пошкодженні однієї трубки колектор може працювати. Процедура заміни трубок дуже проста і при цьому немає необхідності зливати незамерзаючу суміш із контуру теплообмінника.

Іншою важливою перевагою колекторів з тепловими трубками є їхня здатність працювати при температурах до -35°C (повністю скляні колектори з тепловими трубками) або навіть до -50°C (колектори з металевими тепловими трубками).

Зазвичай випаровування починається при температурі трубки більше 30°C , таким чином при низьких температурах трубка як би «закривається» і не відбувається втрат тепла через колектор (наприклад, вночі чи похмуру погоду). При цьому колектор міститься зовні приміщення, а все інше обладнання - усередині будинку. то все сприяє мінімізації тепловтрат.

2.3.3 Адаптивні системи вентиляції зі змінною витратою повітря

Такими системами є системи, які забезпечують підтримку заданих параметрів повітря в зонах обслуговування з різними вимогами до мікроклімату. Такі системи порівняно низької вартості і досить економічного енергоспоживання.

Енергоефективність досягається за рахунок принципу роботи такої системи, вентиляція працює там і де та коли це необхідно. Залежно від потреби кожного приміщення, а також від кількості людей та виду діяльності працюють елементи системи вентиляції. Існує три основних типів адаптивних систем:

- 1) регульовані вручну;
- 2) із датчиками руху;
- 3) з датчиками, які фіксують зміни вологості та концентрацію вуглекислого газу

Адаптивні системи, що регулюються вручну.

Ці системи економічно вигідні, але вони вкрай незручні у використанні, а також непрактичні і вимагають постійної присутності людини, та до того ж при ручному управлінні можуть виникати помилки в управлінні, які пов'язані з людським фактором.

Адаптивні системи з датчиками, що фіксують зміну вологості та концентрацію вуглекислого газу. Системи вентиляції з датчиками вологості є більш прийнятними для житлових приміщень (рис. 2.9). Вологість також є відносним показником стану забруднення приміщення. В основі таких систем вентиляцій з компонентами, які реагують на підвищення або зниження вологості, лежить здатність деяких матеріалів розширюватись при підвищенні вологості повітря та стискатися при зниженні вологості повітря.



Рисунок 2.9 – Загальний вид датчика температури і вологості

Залежно від вологості всередині приміщення налаштовується потік повітря, чим вологість вища, тим ширше відкриваються заслінки, які регулюють кількість повітря, яке надходить до приміщення. Датчики вологості повністю ізольовані від припливного повітря. Датчики фіксують лише зміни внутрішньої вологості. Технологія чутливості до вологості також використовується у витяжних ґратах у кімнатах, припливних пристроях, де

стан вологості відображає рівень внутрішньої забрудненості. При використанні адаптивних систем вентиляції житлові приміщення з великими потребами одержують більший потік повітря, ніж порожні приміщення.

Системи вентиляції із датчиками руху. Такі системи найчастіше використовуються у громадських приміщеннях. Найбільш економічно доцільним способом підвищення енергоефективності є застосування наступного комплексу заходів: підвищення теплозахисту огорожувальних конструкцій, сучасних енергозберігаючих методів та технологій, впровадження інженерних та конструктивних заходів.

2.3.4 Огороджувальні конструкції, що вентилюються

Вентильовані вікна. Використання вентильованих вікон із клапаном є ще одним ефективним способом для збереження енергії на обігрів та охолодження приміщень (рис.2.10). На відміну від традиційних вікон, які мають замкнутий повітряний прошарок між склом, вентильовані вікна мають вгорі щілини (клапан), через які рухається (вентильюється) внутрішнє повітря. Також, вентильовані вікна можуть забезпечувати чудове тепло та шумоізоляцію. За рахунок ліквідації холодних спадаючих потоків простір поряд з вікнами використовується більш ефективно.



Рисунок 2.10 – Пластикові вікна із припливним клапаном

Вентильовані стіни. Вентильовані стіни є більш екологічними системою за рахунок того, що конструкції будинку (перегородки, стіни, перекриття) виступають у ролі теплоакумуляторів (рис.2.11). У середині конструкцій є отвори для проходження теплого повітря з дому, що передає їм тепло. Таким чином, відпадає необхідність у дорогих масивних теплоакумуляторах.



Рисунок 2.11 – Вентильовані стіни та перекриття

2.3.5 Автоматизовані енергозберігаючі інженерні системи мікроклімату будівель

В енергоефективній будівлі використовується повний набір приладів, засобів та систем автоматизації центральних систем ОВК (опалення, вентиляції та кондиціонування повітря). Спеціальні окремі системи призначені для індивідуального кімнатного регулювання температури в режимі обігріву або охолодження, індивідуального кімнатного повітрообміну, а також для освітлення та затінення приміщення за допомогою жалюзі (рис.2.12).



Рисунок 2.12 – Системи автоматизації будівлі

Центральна станція призначена для диспетчеризації та представляє собою інтегровану систему управління будинком для підтримки мікроклімату та енергозбереження. Вона також інтегрує системи пожежної безпеки, контроль несанкціонованого проникнення у приміщення, контроль доступу, відеоспостереження та оповіщення за нештатних ситуацій. Спеціальні веб-додатки дозволяють здійснювати управління з віддаленого комп'ютера, а мобільні програми – за допомогою смартфона або планшета (рис. 2.13).

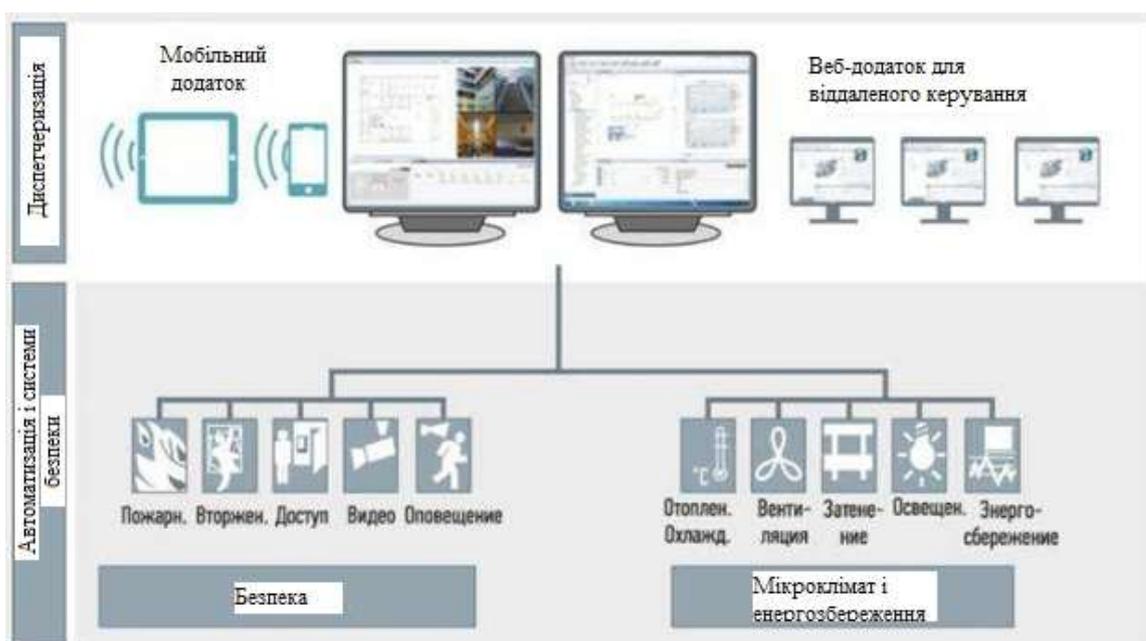


Рисунок 2.13 – Система диспетчеризації будівлі

Відповідно до європейської норми EN 15232 системи автоматизації будівель та методи управління інженерними системами умовно поділено на чотири класи енергоефективності: А, В, С та D (рис.2.14).

Клас D включає неенергоефективні системи автоматизації будівель та методи управління інженерними системами, які не повинні закладатися у проектні рішення.

Клас С називається стандартним, або порівняльним енергоспоживання в інженерних системах, автоматизованих та керованих за класом С, умовно приймається за одиницю для порівняння.



Рисунок 2.14 -Класи енергетичних характеристик систем автоматизації

До класу В належать системи з підвищеною енергоефективністю, а до класу А – з високою. Якщо, наприклад, в офісній будівлі системи автоматизації та методи управління інженерними системами, відповідні класу С, модернізувати та довести до класу А, то можна почати економити до 30% теплової енергії та до 13% електричної енергії.

Метод визначення потенціалу економії ґрунтується на коефіцієнтах. Відмінність систем автоматизації різних класів на практиці показано з прикладу автоматизації системи опалення будинку (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 -Системи автоматизації опалення різних класів

D C B A

Автоматизація системи опалення

Комфортні умови в приміщеннях

Підтримка температури в приміщенні

- | Клас | Опис системи |
|------|---|
| 0 | Автоматичне регулювання температури в ЦТП |
| 1 | Автоматичне регулювання температури ІТП |
| 2 | По кімнатне регулювання температури (радіаторними вентиляторами, термостатами ітд.) |
| 3 | По кімнатне регулювання з комунікацією між контролерами і центральною станцією |
| 4 | По кімнатне регулювання з комунікацією і враховуючи потребу в присутності людини |

Якщо автоматичне регулювання температури опалення обмежується ЦТП (центральним тепловим пунктом), то система відповідає неефективному класу D, оскільки теплоносій однієї температури подається в різні приміщення будівлі з різними тепловими характеристиками та різною потребою в опаленні. Якщо автоматичне регулювання температури опалення обмежується ІТП (індивідуальним тепловим пунктом), то система теж відповідає класу D, оскільки теплоносій подає однакову температуру в різні приміщення будівлі з різною потребою в опаленні. Для того, щоб відповідати хоча б стандартному класу C необхідно забезпечити покімнатне регулювання температури хоча б одним із перерахованих способів: радіаторними вентилями, термостатами, кімнатними контролерами тощо. Для класу B необхідно організувати кімнатне регулювання температури з комунікацією між контролерами та центральною станцією. Комунікація у вигляді зворотного зв'язку дозволяє отримати додатковий потенціал економії у системі опалення. І, нарешті, щоб відповідати класу A, необхідно забезпечити покімнатне регулювання температури з комунікацією між контролерами та центральною станцією плюс

контроль присутності людини в приміщенні. Таким чином, чим вищий рівень автоматизації, тим більше можливостей для отримання потенціалу економії в інженерних системах.

2.4 Вибір енергозберігаючих заходів та інженерних систем мікроклімату при їх оптимальному поєднанні

2.4.1 Системи опалення

Опалення вирішено в інноваційний спосіб. Водяна система опалення з примусовою циркуляцією, з нижнім розведенням та закритим розширювальним баком. Опалювальні прилади з'єднані двотрубною системою трубопроводів. Система розрахована на температуру, що подається трубопроводом 90°C, зворотного - 70 °C. Експлуатація відбувається без пропусків, але зі зниженням температури в нічний час за допомогою контролера керування котлом, який отримує сигнали від зовнішнього датчика температури.

Ідея такого рішення спирається на такі положення:

- відсутність нагрівальних приладів та усунення ефекту місцевого нагрівання стін;
- Поліпшення теплового комфорту, створення здорового мікроклімату в приміщеннях;
- економія енергії завдяки високій частці променистого теплообміну;
- оптимальне рішення для конденсаційного котла, завдяки зниженій температурі живлення (45–55°C);
- Можливість використання системи для охолодження влітку.

Відповідним чином підібрані за потужністю та габаритами нагріваючі модулі, з'єднані за системою Тихельмана, насамперед були розміщені в простінках між вікнами, а решта їх – на внутрішніх стіни.

Завдання регулювання температури вирішене шляхом встановлення в програматора, керуючого позонними регуляторами нагрівальних контурів у стінах даного приміщення.

2.4.2 Системи вентиляції

Наукові дослідження та розрахунки повітряного режиму будівлі дозволили виявити загальні тенденції зміни складових повітряного балансу при зміні погодних умов для різних будівель.

Зростання швидкості вітру не позначається на витраті повітря, завітряного фасаду, що видаляється з приміщення, проте при поганих вхідних дверях ^{місце встановлення клапана} ться через вікна і збільшується через вхідні двері. У зв'язку з встановленням у будівлі щільних вікон пристрій лише витяжний системи виявляється неефективним. Тому для подачі притоку до будинку застосовані вентилязовані вікна з клапаном, що мають досить великий аеродинамічний опір і не пропускають шум з вулиці, та припливні клапани у зовнішніх стінах, а також передбачена механічна рекуперативна вентиляція (Умовне розміщення вентиляційних клапанів у вікнах і стінах показано на рис.2.17).

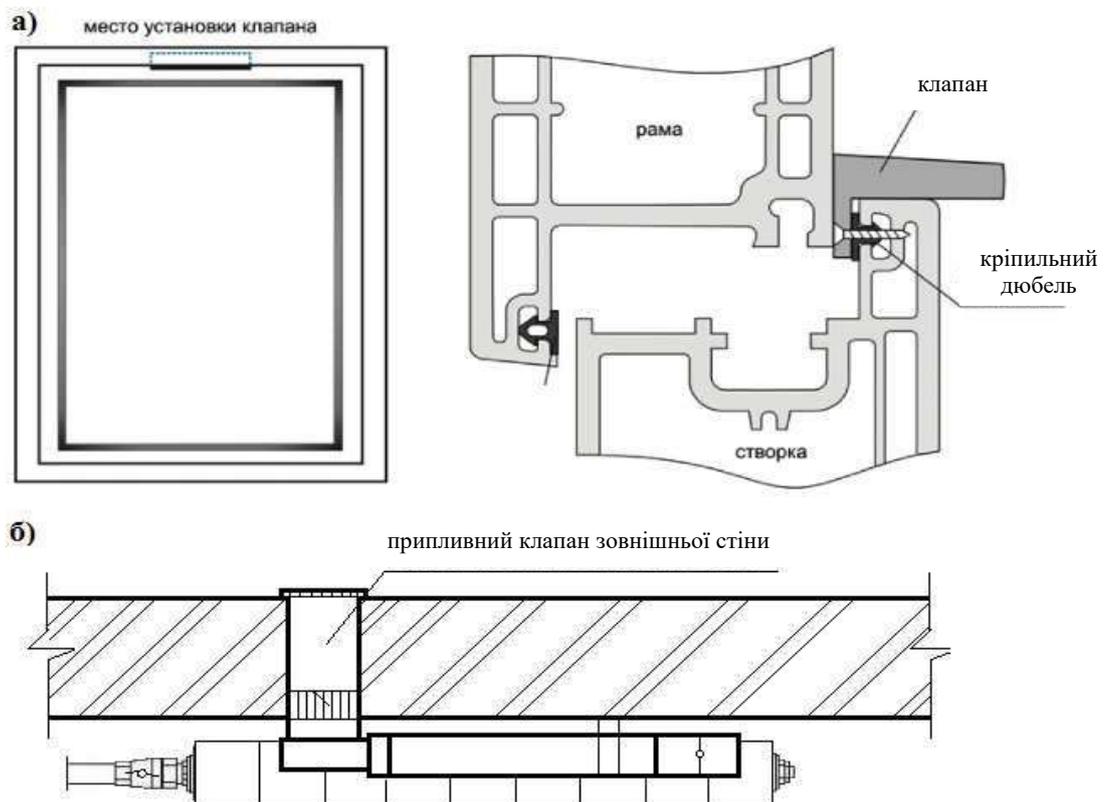


Рисунок 2.17 – Умовне розміщення вентиляційних клапанів у вікнах (а) та стінах (б) житлового будинку

Площі вікон та їх повітропроникність у будівлі відповідають нормам так само як і повітропроникність дверей (повітропроникність вікон 1-го поверху дорівнювала $6 \text{ кг/год}\cdot\text{м}^2$, а дверей $1,5 \text{ кг/год}\cdot\text{м}^2$). Магістральні канали передбачені одного діаметра за висотою, виконані у металі. Діаметри бічних відгалужень також виконані однаковими. Для бічних відгалужень підібрані дросель – клапани, що вирівнюють витрати витяжного повітря по поверхам. Розрахунком визначалися витрати повітря, що становлять повітряний баланс кожного приміщення житлового будинку при різних зовнішніх температурах, швидкості вітру та при відкритих та закритих кватирках.

Крім регульованої природної системи вентиляції, застосована механічна рекуперація теплоти витяжного повітря. Крапки притоку свіжого підігрітого повітря знаходяться в приміщеннях тривалого перебування. Дифузори розміщені в стельових конструкціях. Спіральний рекуператор разом з вентиляторами, колектором та системою регулюючих заслінок змонтована на

горищі. Припливна шахта проходить в одній із торцевих стін, а як витяжна шахта використаний вільний вертикальний вентиляційний канал. З метою забезпечення загального повітрообміну між приміщеннями будівлі між полотном дверей та підлогою залишені щілини заввишки 7 мм.

Відповідно до призначення та параметрів вентиляційно-рекуперативної системи було підібрано такі її елементи:

- рекуператор із спіральним теплообмінником продуктивністю 1000 м³/год, з ефективністю 85-92%;
- один припливний та один витяжний вентилятор;
- регулятор числа обертів електродвигунів вентиляторів;
- гнучкі ізольовані повітроводи;
- поворотно-відхиляючі заслінки за кількістю припливних каналів;
- дифузори припливні та витяжні.

Управління вентиляційно-рекуперативної системи передбачає обладнання системи використання вторинної теплоти витяжного повітря штатним регулятором числа оборотів, керуючим продуктивністю витяжного та припливного вентиляторів. Передбачено програмований регулятор температури з метою додаткової оптимізації процесу вентилявання житлового будинку.

2.4.3 Системи ГВП

Управління всією системою тепlopостачання приміщення школи розроблено виходячи із простоти його експлуатації. Як елементи управління застосовані широко доступні мікропроцесорні регулятори температури та програмовані за часом контролери.

Управління системою вироблення та акумуляції теплоти спирається на штатну систему автоматики котла, яка регулює температуру теплоносія та керує підігрівом води для ГВП. З цією головною системою успішно взаємодіють мікропроцесорні регулятори температури.

Автоматика системи живлення контурів теплоспоживання є комбінованою. Підігрів води у водонагрівачі ГВП керується встановленим на ньому термостатом та програмованим контролером. Контур циркуляції гарячої води обладнаний пороговим регулятором температури та програмованим контролером. Контур опалення з нагрівальними приладами отримує теплоносій безпосередньо з акумулятора теплоти і керується програмованим контролером.

Розподіл теплоти між окремими приміщеннями регулюється встановленими на приладах вентилями із термостатичними головками. Контур стінового опалення, з урахуванням технологічного обмеження температури до 55°C, обладнаний насосною групою з вузлом підмішування, яким керує регулятор температури.

Висновки

1. За останні десятиліття відбулися зміни у нормативних вимогах до енергоефективності та енергозбереження будівель. Прийнято низку нормативних документів пов'язаних із збільшенням енергетичної ефективності не тільки новозведених будівель і споруд, а й експлуатованих, а також і з розробкою та з впровадженням нових принципів та систем життєзабезпечення, тобто створення та підтримання мікроклімату.
2. З аналізу світового та вітчизняного досвіду випливає, що в даний час відбувається активний розвиток енергозберігаючих інженерних систем мікроклімату будівель. Закладаються у проекти енергозберігаючі заходи у системах забезпечення мікроклімату, що забезпечують задані значення енергетичних показників мікроклімату приміщення при мінімальних витратах енергії. Однак щодо впровадження енергозберігаючих рішень, енергозберігаючих пристроїв та обладнання інженерних систем будівництво будівель та споруд наша країна відстає від зарубіжних показників.

3. З викладеного випливає актуальність питання, що загалом знизити енергоспоживання системами забезпечення мікроклімату можна, об'єднавши в комплексі всі інженерні пристрої та технології зі зниження енергоспоживання до рівня, при якому зберігаються необхідні параметри мікроклімату у приміщенні. то можливо при оцінці енергетичної ефективності систем забезпечення мікроклімату та наявності системи автоматизованого керування.
4. Виконано вибір інженерних систем мікроклімату та енергозберігаючих заходів при оптимальному їх поєднанні. У роботі прийнято такі технологічні рішення:
- стінове опалення та тепла підлога, яка, крім економії енергії, створюють здоровий мікроклімат у приміщеннях та комфортне відчуття променистого тепла;
 - використання системи стінового опалення та теплої підлоги для охолодження приміщень у теплу пору року;
 - застосування в кожному житловому приміщенні індивідуальних регуляторів температури нагрівальних контурів;
 - застосування програмованих контролерів, що підвищує економічність системи завдяки можливості регулювання часу роботи систем (перепустками);
 - для подачі природного притоку повітря до будівлі застосовано вентилявані вікна з клапаном та припливні клапани у зовнішніх стінах;
 - підігрів води у водонагрівачі ГВП керується встановленим на ньому термостатом та програмованим контролером;
 - контур циркуляції гарячої води обладнаний пороговим регулятором температури та програмованим контролером.

3. Оцінка енергетичної ефективності систем забезпечення мікроклімату

3.1 Вибір параметрів внутрішнього та зовнішнього клімату

Параметри внутрішнього мікроклімату в будівлі приймають за наявними санітарно-гігієнічними нормами залежно від категорії основних функціональних приміщень або їх груп та вимог замовника до якості забезпечення мікроклімату при виконанні умов санітарно-гігієнічної безпеки. При оцінці вже ухваленого проектного рішення дані параметри приймаються за робочим проектом, при розрахунку енергоефективності на стадії проекту та (або) при попередніх багатоваріантних розрахунках допускається вибирати єдині значення за характерного (представницького) приміщення. Об'єктом для розрахунку є Хорольська гімназія.

У опалювальний період встановлюють такі параметри:

$t_{\text{в}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря в робочий час, °С (Приймаємо рівною 21°С);

$t_{\text{в.нр.аб}}$ – мінімально-допустима температура внутрішнього повітря в неробочий час, °С (приймаємо 20 °С);

$\varphi_{\text{в}}$ – відносна вологість внутрішнього повітря в робочий час, % (Приймаємо рівною 45%).

У охолоджувальний період встановлюють такі параметри:

$t_{\text{в.охл}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря в робочий час, °С (Приймаємо рівною 21 °С);

$\varphi_{\text{в.охл}}$ – відносна вологість внутрішнього повітря в робочий час, % (Приймаємо рівною 45%).

Розрахункові параметри зовнішнього клімату приймають по залежності від району будівництва та вимог замовника до якості забезпечення мікроклімату.

У опалювальний період використовують такі параметри:

$t_{з.п}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, ° С, для проектування зовнішніх огорож, систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (приймаємо рівною – 37 ° С);

$\varphi_з$ – відносна вологість зовнішнього повітря, % (приймаємо рівною 75%);

$t_{о.п}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С (Приймаємо рівною -6,7 ° С);

$z_{о.п}$ – тривалість опалювального періоду, добу (приймаємо рівною 233 діб).

У охолоджувальний період використовують такі параметри:

$t_{з.охл}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, ° С, для проектування систем кондиціонування повітря (приймаємо рівною 27 ° С);

$I_{з.охл}$ – розрахункова ентальпія зовнішнього повітря, кДж/кг, для проектування систем кондиціонування повітря (приймаємо рівною 56,8 кДж/кг).

3.2 Визначення річного теплоспоживання системами опалення

При попередніх багатоваріантних розрахунках річне теплоспоживання, МВт·ч/Г, оцінюють за формулою:

$$Q_{оп}^Г = \beta M \sum(n_i \cdot A_i I R_i) \cdot 10^{-3} + 0,33 M V_{оп} K_{р_{нроб}} k \cdot 10^{-3} - Q_{пост}^Г, \quad (3.1)$$

де – β коефіцієнт запасу на додаткові втрати теплоти та округлення поверхні опалювальних приладів, рекомендуються приймати в межах 1,1 - 1,13;

$M = 0,024 \cdot ГСОП$ - характеристика опалювального періоду, тис. $K \cdot ч(°C \cdot ч)$, де $ГСОП = (t_{в} - t_{о.п}) \cdot Z_{о.п}$ – градусо-добу опалювального періоду, $K \cdot ч(°C \cdot доб)$.

У будинках, де підтримують знижену температуру в неробоче час, замість $t_{в}$ при розрахунку M для формули (3.1) слід приймати умовну внутрішню температуру за формулою:

$$t_{\text{в.умов}} = |t_{\text{в}}(168 - z_{\text{чер}})k_{\text{нат}} + t_{\text{в.нраб}}z_{\text{чер}}|/168, \quad (3.2)$$

де 168 - кількість годин на тижні;

$z_{\text{чер}}$ – тривалість функціонування системи опалення в черговому режимі, годин на тиждень;

$k_{\text{нат}} > 1$ – коефіцієнт натопу, що враховує підвищену тепловіддачу опалювальних приладів під час натопу;

n_i – коефіцієнт, що приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій по відношенню до зовнішнього повітря таблиці 1;

A_i і R_i – площа, м^2 і опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, відповідно огорожувальних конструкцій оболонки будівлі: зовнішніх стін, вікон, балконних дверей, перекриття над неопалюваним підвалом або технічним підпіллям, підлоги по ґрунту, горищного перекриття або покриття та ін. Значення A_i і R_i приймають за проектом з урахуванням вимог СП 50.13330.

$V_{\text{оп}}$ – опалювальний об'єм будівлі, м^3 ;

$K_{\text{нробр}}$ – середня за будівлею кратність повітрообміну для неорганізованого припливу, год^{-1} . При розрахунку за укрупненими показниками допускається приймати величину для житлових будівель та дошкільних установ за таблицею 2, а для нежитлових будівель – у діапазоні 0,2 – 0,5.

k – коефіцієнт обліку зустрічного теплового потоку при природному повітрообмін будівлі; приймається рівним 0,7 для стиків панелей стін та вікон з потрійними палітурками, 0,8 – для вікон та балконних дверей з роздільними палітурками і 1,0 – для одинарних вікон, вікон та балконних дверей спареними плетіннями та відкритих отворів;

$Q_{\text{пост}}^{\text{Г}}$, $\text{МВт} \cdot \text{ч}/\text{Г}$ – теплонадходження до будівлі за опалювальний період, враховуються тільки при встановленні автоматичних терморегуляторів у опалювальних приладів або інших рішеннях з автоматичного регулювання

підтримки заданої температури приміщення залежно відхилення величини t_B від прийнятого рівня.

Величину $Q_{\text{пост}}^{\Gamma}$, МВт·ч/г, обчислюємо за такою формулою:

$$Q_{\text{пост}}^{\Gamma} = (Q_{\text{ч}}^{\Gamma} + Q_{\text{с}}^{\Gamma} + E_{Z_{\text{оп}}}/365) \cdot k_{\text{пост}}, \quad (3.3)$$

де $Q_{\text{ч}}^{\Gamma}$ і $Q_{\text{с}}^{\Gamma}$ – теплонадходження від людей та сонячної радіації відповідно протягом опалювального періоду, МВт·ч/г, що визначаються за формулами

$$Q_{\text{ч}}^{\Gamma} = q_{\text{ч.я}} n_{\text{ч}} \sum_{Z_{\text{ч}}} (z_{\text{оп}}/7) \cdot 10^{-6} \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{ч}}^{\Gamma} = \frac{90 \cdot 60 \cdot 168 \cdot 233 \cdot 10^{-6}}{7} = 30 \text{ МВт} \cdot \text{ч/г},$$

$$Q_{\text{с}}^{\Gamma} = \sum (\tau_{\text{вікi}} k_{\text{відi}} A_i \cdot I_i / 3600) \quad (3.5)$$

$$Q_{\text{с}}^{\Gamma} = \frac{8 \cdot 0,65 \cdot 0,85 \cdot 2,25 \cdot 4336}{3600} + \frac{6 \cdot 0,65 \cdot 0,85 \cdot 2,25 \cdot 200}{3600} = 12,4 \text{ МВт} \cdot \text{ч/г}.$$

Де $q_{\text{ч.я}}$ – питомі надходження явної теплоти від людей, Вт/чел., що приймаються залежно від параметрів внутрішнього мікроклімату в будівлі та рівня фізичного навантаження; при розрахунку за укрупненими показниками допускається приймати питомі надходження явної теплоти від людей, що дорівнює 90 Вт/чол.;

$n_{\text{ч}}$ – середня кількість людей у будівлі протягом робочого часу;

$\sum_{Z_{\text{ч}}}$ – середня тривалість перебування людей у будівлі, годин на тиждень; як правило, $\sum_{Z_{\text{ч}}} = \sum_{Z_{\text{роб}}}$, де $\sum_{Z_{\text{роб}}}$ – тривалість робочого часу в будівлі, годин на тиждень. У житлових і подібних до них безперервно функціонуючих будівель середня тривалість перебування людей у будинку дорівнює 168 годин на тиждень;

7 – число днів у тиждень;

$\tau_{\text{вікi}}$ – коефіцієнт затінення і-го світлового отвору вікон непрозорими елементами прийнятого наповнення;

$k_{\text{відi}}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації для і-го заповнення світло отворів;

A_i – Площа і-го світлопрозорого огородження, м²;

I_i – інтенсивність сонячної радіації за опалювальний період через i -е світлопрозора огорожа, МДж/м², з урахуванням її орієнтації на всі боки горизонту та середніх умов хмарності. Для обліку хмарності значення та відповідні безхмарному небу, потрібно брати з понижувальним коефіцієнтом 0,6;

E – річне електроспоживання систем електропостачання будівлі, МВт·ч/г, що визначається за формулою 3.9;

$k_{\text{пост}}$ – коефіцієнт обліку теплонадходжень, пов'язаний із ймовірністю їх перевищення над тепловтратами та неможливістю внаслідок цього їх повного використання. Допускається приймати $k_{\text{пост}} = 0,8 - 0,85$. При орієнтовних розрахунках допускається величину $Q_{\text{пост}}^{\Gamma}$, МВт·ч/г, визначати за формулою (3.6)

$$Q_{\text{пост}}^{\Gamma} = q_{\text{пост}} A_{\text{от}} \sum Z_{\text{роб}} (Z_{\text{оп}}/7) \cdot 10^{-6} \quad (3.6)$$

де $q_{\text{пост}}$ – питомі теплонадходження, Вт/м², на 1 м² опалювальної площі $A_{\text{от}}$, прийняті в залежності від категорії основних функціональних приміщень або їх груп та вимог замовника щодо якості забезпечення мікроклімат методом експертної оцінки.

$$E = 0,719 \cdot 60 = 43,14 \text{ МВт} \cdot \text{ч/г},$$

$$Q_{\text{пост}}^{\Gamma} = \left(30 + 12,4 + \frac{43,14 \cdot 233}{365} \right) \cdot 0,85 = 59,5 \text{ МВт} \cdot \text{ч/г},$$

$$Q_{\text{оп}}^{\Gamma} = 1,13 \cdot 155 \cdot \left(\frac{1 \cdot 1311}{3,66} + \frac{1 \cdot 157,5}{0,7} + \frac{1 \cdot 466}{5,43} \right) \cdot 10^{-3} + 0,33 \cdot 155 \cdot 7925,4 \cdot 0,67 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} - 59,5 = 394 \text{ МВт} \cdot \text{ч/г}$$

3.3 Визначення річного теплоспоживання системами вентиляції та (або) кондиціонування повітря

При попередніх багатоваріантних розрахунках річне теплоспоживання, МВт·ч/г, оцінюють за формулою:

$$Q_{\text{оп}}^{\Gamma} = 0,33 M V_{\text{оп}} K_{\text{р мех}} (1 - k_{\text{еф}}) (\sum Z_{\text{роб.вент}}/168) \cdot 10^{-3}, \quad (3.7)$$

де $\Sigma_{Z_{\text{роб.вент}}}$ – тривалість роботи механічної системи припливної вентиляції та (або) кондиціонування повітря, годин на тиждень; як правило,

$$\Sigma_{Z_{\text{роб.вент}}} = \Sigma_{Z_{\text{роб.}}};$$

$0,33 = \rho c / 3600 = 1,2 \cdot 1005 / 3600$ – коефіцієнт (ρ – щільність, c – питома теплоємність повітря);

$K_{p_{\text{мех}}}$ – середня за будівлею кратність повітрообміну припливної механічної вентиляції та (або) центрального кондиціонування повітря, ч^{-1} . При розрахунку за укрупненими показниками за попередніх багатоваріантних розрахунках допускається приймати величину $K_{p_{\text{мех}}}$ за таблицею 2.1;

$k_{\text{еф}}$ – коефіцієнт температурної ефективності пристроїв утилізації теплоти та (або) рециркуляції за наявності механічної вентиляції, прийнятий рівним 0 у разі відсутності рециркуляції та утилізації теплоти витяжного повітря. За наявності утилізації коефіцієнт приймають за проектними даними, а за їх відсутності – у розмірі 0,4 – 0,5 при використанні утилізаторів із проміжним теплоносієм; 0,5 – 0,55 при використанні рекуперативних утилізаторів; 0,6 – 0,85 під час використання обертових регенераторів; при використанні теплонасосних установок (ТНУ) – до 1. При використанні рециркуляції $k_{\text{еф}}$ вважається рівним частці рециркуляційного повітря у суміші, при спільному використанні рециркуляції та утилізації $k_{\text{еф}}$ визначають за розрахунком;

M і $V_{\text{оп}}$ – те саме, що у формулі 3.1 для $Q_{\text{оп}}^{\Gamma}$, проте тут параметр M для будь-яких будівель, у тому числі і там, де проводять зниження температури в неробочий час, розраховують з використанням величини $t_{\text{в}}$.

$$Q_{\text{Вент(кв)}}^{\Gamma} = 0,33 \cdot 155 \cdot 7925,4 \cdot 0,67 \cdot (1 - 0) \cdot \left(\frac{168}{168}\right) \cdot 10^{-3} = 272 \text{ МВт} \cdot \text{ч/г.}$$

3.4 Визначення річного електроспоживання системами електропостачання будівлі

Встановлена потужність N_y , кВт, і річне енергоспоживання E , МВт·ч/г, систем електропостачання будівлі, у тому числі для освітлення, електро побутових приладів та оргтехніки, а також для інженерних приводів систем будівлі, що визначають за даними проекту. При оцінці енергоефективності при попередніх багатоваріантних розрахунках для техніко-економічного обґрунтування значення E може бути обчислено за формулі:

$$E = \sum(N_{vi} k_{poi} \sum z_{pi}) \cdot 52 \cdot 10^{-3} \quad (3.8)$$

де N_{vi} – максимальна встановлена потужність відповідного споживача, кВт, що приймається за проектними даними або, за їх відсутності, за укрупненими вимірниками;

$k_{poi} < 1$ – коефіцієнт попиту електроенергію;

$\sum z_{pi}$ – тривалість роботи i -го споживача, годин на тиждень;

52 – кількість тижнів на рік. Для електроприводів систем опалення замість 52 потрібно приймати $Z_{o.п}/7$.

У житлових будинках величину E можна визначити за питомим річним енергоспоживання на одну особу $E_{уд}$.

$$E = 0,719 \cdot 60 = 43,14 \text{ МВт} \cdot \text{ч/г.}$$

3.5 Розрахунок показників енергоспоживання та енергоефективності будівлі та вибір варіанта проектного рішення

Після визначення річного енергоспоживання інженерними системами будівлі обчислюють сумарне питома річне енергоспоживання будівлі на 1 м^3 опалювального об'єму $V_{оп}$, кВт·год/($\text{м}^3 \cdot \text{г}$) за формулою:

$$q_{заг}^P = (Q_{оп}^r + Q_{вент(кв)}^r + E) \cdot 10^3 / V_{оп} \quad (3.9)$$

$$q_{заг}^P = \frac{(394 + 272 + 81,8 + 43,14) \cdot 10^3}{7925,4} = 99,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{г}).$$

Далі обчислюють коефіцієнт корисного використання енергії будівлею за формулою:

$$\eta_{зд} = [Q_{оп}^Г + Q_{пос}^Г + Q_{вент(кв)} / (1 - k_{эф}) + 55/\Delta t + E] / Q_{пер}, \quad (3.10)$$

де $Q_{пер}(Q_{оп}^Г + Q_{вент(кв)})/\eta_{тепл} + \frac{E}{\eta_{ен}}$ – витрата енергії будівлею за рік у перерахунку на первинне паливо, МВт · ч/г.

$$Q_{пер} = \frac{(394 + 272)}{0,9} + \frac{43,14}{0,9} = 788 \text{ МВт} \cdot \text{ч/г.}$$

де $\eta_{тепл}$ і $\eta_{ен}$ – коефіцієнти корисної дії джерел відповідно теплової та електричної енергії, що обслуговують будівлю, прийнятих способах виробництва цих видів енергії. При підключенні до джерелам, що не використовують первинне органічне паливо (гідро- та атомні електростанції, сонячні, вітрові та інші установки) відповідний доданок у дужках формули (3.10) ігнорують.

$$\eta_{зд} = [394 + 59,5 + 272 / (1 - 0) + 55 / 55 + 43,14] / 879 = 0,88$$

Результати обчислення річного енергоспоживання допускається застосовувати при техніко-економічному порівнянні варіантів проектного рішення та виборі оптимального варіанту.

Для визначення фактичного енергоспоживання будівлі та перевірки виконання проектних показників через 1 – 2 роки після введення його у експлуатацію проводиться огляд за показаннями лічильників теплової та електричної енергії на введеннях у будівлю. Показники лічильника теплової енергії Q' , МВт·ч/г, порівнюють із сумою $Q_{оп}^Г + Q_{вент(кв)}$ для остаточного варіанта проекту, наведеного до фактичного значення температури зовнішнього повітря перерахунком за формулою:

$$(Q_{оп}^Г + Q_{вент(кв)}) = (Q_{оп}^Г + Q_{вент(кв)}) \cdot \left(\frac{t_B - t'_{0,п}}{t_B - t_{0,п}} \right) \quad (3.11)$$

де $t'_{0,п}$ – фактична середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, що розглядається, °С, прийнята за даними метеорологічної станції. У

будинках, де підтримується знижена температура в неробочий час, замість t_B слід приймати умовну внутрішню температуру $t_{B,умов}$.

Показання лічильника електричної енергії E' порівнюють з величиною E , МВт·ч/г для остаточного варіанту. У разі перевищення фактичних значень Q' та E' над проектними розробляють рекомендації щодо додаткового зниження енергоспоживання.

Висновки

1. Внаслідок розрахунку оцінки енергетичної ефективності систем забезпечення мікроклімату визначено: річне теплоспоживання системами опалення; річне теплоспоживання системами вентиляції та (або) кондиціонування повітря; річне теплоспоживання системами гарячого водопостачання (ГВП); річне електроспоживання системами електропостачання будівлі.

2. Проведено розрахунок показників енергоспоживання і енергоефективності внаслідок якого виявлено:

– сумарне питоме річне енергоспоживання будівлі на 1 м^3 опалювального об'єму $q_{заг}^P = 99,8$, кВт · год / ($\text{м}^3 \cdot \text{г}$);

- коефіцієнт корисного використання енергії будівлею $\eta_{зд} = 0,88$.

3. Представлені розрахунки є обґрунтуванням більше доцільного з енергетичного погляду варіанта реалізації енергозберігаючих заходів та вибору їхнього оптимального поєднання.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Складання кошторису витрат на обладнання та монтаж освітлювальної установки

Перелік використовуваних електроконструкцій та обладнання складаємо відповідно до проекту освітлювальної установки за розділами: щитки; трансформатори і апарати; вимикачі, пускачі, штепсельні з'єднання; запобіжники, патрони; вимикачі; освітлювальні прилади; джерела світла (прожектори, світильники, лампи, арматура промисловості).

Перелік матеріалів складаємо за такими розділами: кабельна продукція; монтажні конструкції та деталі; освітлювальні коробки, кронштейни; метал, металовироби.

Розрахунки економічних показників виконуємо відповідно до /3/.

У таблиці 4.1 відповідно до індивідуального завдання виконуємо розрахунки вартості матеріальних затрат M_i , грн, за формулою (4.1).

$$M_i = H_m \cdot K_{\text{відх}} \cdot C_m \cdot K_{\text{тр}} \quad (4.1)$$

де H_m – норма витрат матеріалу або електроконструкцій;

$K_{\text{відх}}$ – коефіцієнт, що враховує відходи. Для визначення відходів використовуємо показники ДБН Д.2.2-21-99 зі змінами і доповненнями.

C_m – вартість одиниці матеріалу або електроконструкції, грн;

$K_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, що враховує транспортні витрати ($K_{\text{тр}} = 1,15$).

Розрахунки виконуємо і заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок вартості матеріальних затрат

Найменування матеріалів та конструкцій	Одиниця виміру	Норма витрат	Кількість матеріалів і конструкцій з урахуванням норм відходів	Вартість, грн	
				одиниці матеріалу, конструкції	загального обсягу затрат з урахуванням транспортних витрат
Щиток освітлювальний ЩА-601	шт.	6	6	1020	7038
Апарат захисту S263-С	шт.	2	2	250	575
Апарат захисту S263-В	шт.	2	2	250	575
Апарат захисту S264-С	шт.	1	1	230	264,5
Апарат захисту S192-В	шт.	12	12	210	2898
Апарат захисту S192-С	шт.	9	9	210	2173,5
Вимикач однополюсний	шт.	29	30	22,62	780,39
Вимикач двополюсний	шт.	19	20	27,59	634,57
Вимикач трьох полюсний	шт.	5	6	35	241,5
Розетки SRPB-1	шт.	42	43	18,40	909,88
Світильники LED-37/4W 20pcs NW SMD2835	шт.	132	132	89	13510,2
Світильники LED-36/3W 15pcs NW SMD2835	шт.	12	12	59	814,2
Світильник-підсвітка LED-503/1.2 W 18pcs WW SMD3020	шт.	10	10	399	4588,5
Накладний світильник OPL/S 236 (2x36)	шт.	8	8	908,14	8354,89
Накладний світильник OPL/S 258 (2x58)	шт.	12	12	908,14	12532,33
Захисна решітка для світильника OPL/S 236 SPORT	шт.	8	8	767,52	7061,18

Продовження таблиці 4.1

Найменування матеріалів та конструкцій	Одиниця виміру	Норма витрат	Кількість матеріалів і конструкцій з урахуванням норм відходів	Вартість, грн	
				одиниці матеріалу, конструкції	загального обсягу затрат з урахуванням транспортних витрат
Захисна решітка для світильника OPL/S 258 SPORT	шт.	12	12	767,52	10591,78
Світлодіодний прожектор HL-21/20W LED SMD CW IP65	шт.	6	6	208,81	1440,79
Світильник AL-15 E27 WHITE	шт.	73	73	228,79	19206,93
Світильник накладний BS-12/2x18W IP64 PS electronic	шт.	89	89	209	21391,15
Лампа люмінесцентна LF 18W/29 Brille	шт.	178	182	19,89	4162,98
Лампа люмінесцентна LF 36W/840 (T8) YZ36 RR26, шт.	шт.	16	17	22,76	444,96
Лампа люмінесцентна F58W/T8/33/GE/SL/1-25DS, шт.	шт.	24	25	20	575
Лампа КЛЛ (S-55-4200-27), шт.	шт.	73	75	173	14921,25
Кабель ВРБ-4 (1x150)	м	100	102	835,05	97951,37
Провід ВРГ-4 (1x70)	м	25	26	148	4425,2
Провід ВРГ-4 (1x35)	м	2	3	308,04	1062,74
Провід ВРГ-4 (1x25)	м	20	21	224,01	5409,82
Провід ВРГ-4 (1x10)	м	17	18	91,44	1892,81

Закінчення таблиці 4.1

Найменування матеріалів та конструкцій	Одиниця виміру	Норма витрат	Кількість матеріалів і конструкцій з урахуванням норм відходів	Вартість, грн	
				одиниці матеріалу, конструкції	загального обсягу затрат з урахуванням транспортних витрат
Провід ВРГ-4 (1х6)	м	25	26	55,56	1661,25
Провід ПР-3 (1х50)	м	166	170	120	23460
Провід ПР-3 (1х25)	м	233	238	57	15600,9
Провід ПР-3 (1х16)	м	333	340	34	13294
Провід ПР-3 (1х10)	м	306	313	28,10	10114,95
Монтажна коробка КУ68L	шт.	100	100	30	3450
Труба пластикова d 175мм 1532 КА жорстка гладкостінна	м	100	101	75,69	8791,39
Труба гофрована пластикова ПВХ з протяжкою	м	1127	1200	5,11	7051,8
Обойма для труб і кабелю D20- 22	50 шт.	250	250	63	362,25
Всього	–	–	–	–	323163,16

Подальші розрахунки проводимо у табличній формі (див. додаток Б) у такій послідовності:

- складаємо перелік монтажних робіт;
- визначаємо трудомісткість монтажних робіт відповідно до вимог ДБН Д.2.2-21-99;
- розраховуємо вартість монтажних робіт.

Відповідно до ДБН Д.1.1-1-2000 «Правила визначення вартості будівництва», що здійснюється із залученням державних коштів, розмір кошторисної заробітної плати у складі вартості будівництва розраховується виходячи з середнього рівня заробітної плати працівників, які зайняті у будівництві, умов та строків виконання робіт з урахуванням рекомендованого

Мінрегіоном за погодженням з Мінекономрозвитку рівня середньомісячної заробітної плати. Цей рівень становить 5100 гривень, що відповідає середньому розряду складності робіт у будівництві 3,8 при виконанні робіт у звичайних умовах, який рекомендується враховувати усіма учасниками будівництва при визначенні вартості будівництва (відповідні роз'яснення надіслано листом Мінрегіону від 28 грудня 2015 року № 7/15-15193) (див. табл.4.3).

Таблиця 4.3 – Усереднені показники вартості однієї людино-години за розрядами робіт у будівництві

Розряд робіт, що виконуються	Коефіцієнт	Вартість люд./год., грн
1	1,00	23,63
2,0	1,08	25,52
3,0	1,19	28,12
3,8	1,30	30,72
4,0	1,34	31,66
5,0	1,54	36,39
6,0	1,80	42,53

Визначаємо чисельність працівників $Ч_{пл}$, *чол.*, за формулою (4.2):

$$Ч_{пл} = \frac{T_{пл.заг}}{F_{еф.пл}} \quad (4.2)$$

де $T_{пл.заг}$ – загальна планова виробнича трудомісткість, людино-годин;

$F_{еф.пл.}$ – ефективний фонд часу роботи працівника за запланований календарний період, год. (у розрахунку 40 годин на тиждень, 166 год. за місяць).

Визначаємо середньомісячну заробітну плату працівників $ЗП_{см}$, *грн*, за формулою (12):

$$ЗП_{см} = \frac{ЗП_{заг}}{K_{міс} \cdot Ч_{пл}} \quad (4.3)$$

де $ЗП_{заг}$ – розмір нарахованої заробітної плати за загальний обсяг монтажних робіт;

$K_{міс}$ – кількість місяців, протягом яких будуть виконуватися роботи;

$Ч_{пл}$ – чисельність працівників, яких планується залучати до виконання робіт.

Виконуємо розрахунки.

$$Ч_{пл} = 11 \text{ чоловік}$$

$$ЗП_{см} = 4483,48 \text{ грн.}$$

Складаємо кошторис витрат на обладнання та монтаж освітлювальної установки за попередніми обрахунками. Розрахунки виконуємо у таблиці 4.4, додаток В.

4.2 Визначення витрат на освітлення спроектованої освітлювальної установки

Експлуатаційні або поточні витрати – це витрати, що пов’язані з експлуатацією об’єкта, його утриманням, виконанням технічного обслуговування. Експлуатаційні витрати розраховуються щорічно і за весь період експлуатації об’єкту. Оскільки даний період є тривалим, то відповідно щорічні витрати на експлуатацію можуть змінюватись. Теоретичне обґрунтування вартості витрат проводимо виходячи з умови, що експлуатаційні витрати є незмінними.

Експлуатаційні витрати включають такі складові:

- витрати за споживану електроенергію;
- витрати на придбання ламп для заміни;
- витрати на обслуговування освітлювальних приладів.

Витрати за споживану електроенергію за рік $V_{ел}$, грн, розраховуємо за формулою (13):

$$V_{ел} = W_{ел} \cdot T_{ел}, \quad (4.4)$$

де $W_{ел}$ – кількість спожитої електроенергії, кВт*год.,

$T_{ел}$ – тариф на електроенергію, що відповідає діючому, грн/кВт·год.

Кількість спожитої електроенергії $K_{ел}$, кВт·год., визначаємо за формулою

(4.5):

$$W_{ел} = \frac{N_{дж} \cdot n_{дж} \cdot n_{пр} \cdot T_{річ} \cdot \alpha_{втр}}{1000 \cdot k_{мер}}, \quad (4.5)$$

де $N_{дж}$ – потужність одного джерела світла (лампи), Вт;

$n_{дж}$ – кількість джерел світла в одному освітлювальному приладі, шт.;

$n_{пр}$ – кількість освітлювальних приладів, шт.;

$T_{річ}$ – кількість годин роботи установки за рік, год.;

$\alpha_{втр}$ – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії у пускорегулюючих апаратах, $\alpha_{втр} = 1,25$;

$k_{мер}$ – коефіцієнт, що враховує втрати енергії в електричних мережах (складають 5%, $k_{мер} = 0,95$).

Розрахунки виконуємо у таблиці 4.5

Таблиця 4.5 – Розрахунок витрат за споживану електроенергію

Показники	Розрахунки	Результати розрахунків
<i>1 Кількість джерел світла в одному освітлювальному приладі / потужність одного джерела, $n_{дж} / N_{дж}$,</i>		
Лампа люмінесцентна LF 18W/29 Brille, шт.		2/18
Лампа люмінесцентна LF 36W/840 (T8) YZ36 RR26, шт.		2/36
Лампа люмінесцентна F58W/T8/33/GE/SL/1-25DS, шт		2/58
Лампа КЛІЛ (S-55-4200-27), шт.		1/55
<i>2 Кількість освітлювальних приладів, $n_{пр}$, шт. (за даними індивідуального завдання та розрахунками табл. 5)</i>		
Світильники LED-37/4W 20pcs NW SMD2835, шт.		132

Продовження таблиці 4.5

Показники	Розрахунки	Результати розрахунків
Світильники LED-36/3W 15pcs NW SMD2835, шт.		12
Світильник-підсвітка LED- 503/1.2 W 18pcs WW SMD3020, шт.		10
Накладний світильник OPL/S 236 (2*36)		8
Накладний світильник OPL/S 258 (2x58)		12
Світлодіодний прожектор HL- 21/20W LED SMD CW IP65		6
Світильник AL-15 E27 WHITE		73
Світильник накладний BS- 12/2x18W IP64 PS electronic		89
2 Кількість годин роботи установки за рік, $T_{річ}, год.$		2000
3 Коефіцієнт $\alpha_{втр}$		1,25
4 Коефіцієнт $k_{мер}$		0,95
5 Тариф на електроенергію, що відповідає діючому, $T_{ел}$ грн / кВт·год.		1,8874
6 Кількість спожитої електроенергії, кВт·год.	$W_{ел} = \frac{\sum(N_{дж} \cdot n_{дж} \cdot n_{пр}) \cdot T_{річ} \cdot \alpha_{втр}}{1000 \cdot k_{мер}}$	26007,895
7 Вартість спожитої електроенергії, грн		49087,301

Визначення вартості заміни ламп $B_{зам}$, грн, на поточний рік здійснюємо за формулою (4.6)

$$V_{\text{зам}} = \frac{T_{\text{річ}}}{T_{\text{сл}}} \cdot V_{\text{дж}} \cdot n_{\text{пр}} \cdot n_{\text{дж}}, \quad (4.6)$$

де $T_{\text{сл}}$ – номінальний строк дії лампи, год.;

$V_{\text{дж}}$ – вартість однієї лампи, грн / шт.

Усі розрахунки виконуємо у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунок витрат на заміну ламп і очищення освітлювальних приладів

Показники	Розрахунки	Результати розрахунків
<i>1 Кількість освітлювальних приладів ($n_{\text{пр}}$, шт.):</i>		
Накладний світильник OPL/S 236 (2*36)		8
Накладний світильник OPL/S 258 (2x58)		12
Світильник AL-15 E27 WHITE		73
Світильник накладний BS- 12/2x18W IP64 PS electronic		89
<i>2 Загальна кількість джерел світла ($n_{\text{дж}} * n_{\text{пр}}$, шт.):</i>		
Лампа люмінесцентна LF 18W/29 Brille, шт.		178
Лампа люмінесцентна LF 36W/840 (T8) YZ36 RR26, шт.		16
Лампа люмінесцентна F58W/T8/33/GE/SL/1-25DS		24
Лампа КЛЛ (S-55-4200-27), шт.		73
<i>Номінальний строк дії, ($T_{\text{сл}}$, год.):</i>		
Лампа люмінесцентна LF 18W/29 Brille		15000
Лампа люмінесцентна LF 36W/840 (T8) YZ36 RR26		15000
Лампа люмінесцентна F58W/T8/33/GE/SL/1-25DS		15000

Лампа КЛЛ (S-55-4200-27), шт.		8000
-------------------------------	--	------

Закінчення таблиці 4.6

Показники	Розрахунки	Результати розрахунків
	<i>3 Кількість годин роботи установки за рік, $T_{річ}, год.$</i>	2000
	<i>4 Вартість одного джерела світла ($V_{дж}, грн / шт.$):</i>	
Лампа люмінесцентна LF 18W/29 Brille		19,89
Лампа люмінесцентна LF 36W/840 (T8) YZ36 RR26		23,76
Лампа люмінесцентна F58W/T8/33/GE/SL/1-25DS		20
Лампа КЛЛ (S-55-4200-27), шт.		173
5 Витрати на заміну ламп ($V_{зам}, грн$)	$V_{зам} = \frac{T_{річ}}{T_{сл}} \cdot V_{дж} \cdot n_{пр} \cdot n_{дж}$	3741,851

Експлуатаційні витрати освітлювальної установки $V_{експл}$, грн, визначаються за формулою (16) шляхом додавання витрат за споживану електроенергію і витрат на заміну:

$$V_{експл} = V_{ел} + V_{зам} \quad (4.7)$$

$$V_{експл} = 49087,301 + 3741,851 = 52829,152 \text{ (грн.)}$$

Основні показники освітлювальної установки

1. Загальна кількість світлоточок – 385шт.
2. Встановлена потужність – 80,892кВт
3. Загальна кошторисна вартість – 323163,16грн.
4. Вартість однієї світлоточки – 839,38грн.
5. Вартість встановленого кВт/год – 10,38грн.
6. Річні витрати на електроенергію – 49087,301грн.

ВИСНОВКИ

За останні десятиліття відбулися зміни до нормативних вимоги до енергоефективності та енергозбереження будівель. Прийнято ряд нормативних документів пов'язаних із підвищенням енергетичної ефективності експлуатованих і знову споруджуваних будівель та споруд, а також з розробкою та впровадженням нових принципів та систем життєзабезпечення, тобто. створення та підтримки мікроклімату.

З аналізу світового та вітчизняного досвіду випливає, що в даний час відбувається активний розвиток енергозберігаючих інженерних систем мікроклімату будівель. Закладаються у проекти енергозберігаючі заходи у системах забезпечення мікроклімату, що забезпечують задані значення енергетичних показників мікроклімату приміщення при мінімальних витратах енергії. Однак щодо впровадження енергозберігаючих рішень, енергозберігаючих пристроїв та обладнання інженерних систем будівництво будівель та споруд наша країна відстає від зарубіжних показників.

З викладеного випливає актуальність питання, що загалом знизити енергоспоживання системами забезпечення мікроклімату можна, об'єднавши в комплексі всі інженерні пристрої та технології зі зниження енергоспоживання до рівня, при якому зберігаються необхідні параметри мікроклімату у приміщенні. то можливо при оцінці енергетичної ефективності систем забезпечення мікроклімату та наявності системи автоматизованого керування.

В результаті розрахунку оцінки енергетичної ефективності систем забезпечення мікроклімату визначено річне теплоспоживання системами опалення; річне теплоспоживання системами вентиляції та кондиціонування повітря; річне теплоспоживання системами гарячого водопостачання (ГВП); річне електроспоживання системами електропостачання будівлі.

Виконані розрахунки є обґрунтуванням найбільш доцільного з енергетичної точки зору варіанти реалізації енергозберігаючих заходів та вибору їх оптимального поєднання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСанПіН України, 5.5.2.008-01 «Державні санітарні правила і норми влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів та організації навчально-виховного процесу»
2. http://tvoemisto.tv/news/batkam_na_zamitku_yakumu_mayut_butu_normu_o_svitlennya_u_shkolah_80505.html#sthash.51THIbVR.dpuf
3. http://brovary-school9.edukit.kiev.ua/vihovna_robota/medichne_obsługovuvannya/profilaktika_porushenj_zoru_u_shkolyariv/
4. <http://medbib.in.ua/vozdeystvie-sveta-organizm-cheloveka.html>
5. Державні будівельні норми ДБН В.Х.5–2.8–2006
6. Справочная книга по светотехнике Под ред. Ю.Б.Айзенберга. – М.:Энергоатомиздат, 1995.
7. Г.М.Кнорринг. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – Ленинград: Энергия, 1976
8. <http://www.brille.ua/svetilniki/led-37-4w-20-pcs-nw-smd2835-svetilnik-svetodiodnyy-tochechnyy.html>
9. <http://www.brille.ua/svetilniki/led-36-3w-nw-svetilnik-svetodiodnyy-tochechnyy.html>
10. <http://www.brille.ua/svetilniki/hl-21-20w-led-smd-cw-ip65-prozhektor-svetodiodnyy.html>
11. <http://hotline.ua/dom-elektrolampy/evrosvet-lyuminescentnaya-lampa-s-55-4200-27-55w-4200k-e27/>
12. <http://hotline.ua/dom-elektrolampy/electrum-lampa-lyumpoint-36-w54-tl-d-g13/>
13. <http://hotline.ua/dom-elektrolampy/general-electric-t8-standard-ot-f58wt833gesl-125-ds-78119/>
14. <http://www.brille.ua/svetilniki/lf-18w-29-brille-lampa-lyuminestsentnaya.html>

15. <http://ok-led.com.ua/osvitlennya-v-shkilnih-i-dityachih-ustanovah/>
16. <http://www.brille.ua/svetilniki/led-37-4w-20-pcs-nw-smd2835-svetilnik-svetodiodnyy-tochechnyy.html>
17. <http://www.brille.ua/svetilniki/led-36-3w-nw-svetilnik-svetodiodnyy-tochechnyy.html>
18. <http://www.brille.ua/svetilniki/led-503-1-2w-18-pcs-ww-smd3020-podsvetka-dlya-kartin.html>
19. <https://elmar.com.ua/stati/svetilniki-dlya-sportzala.html>
20. <http://www.brille.ua/svetilniki/hl-21-20w-led-smd-cw-ip65-prozhektor-svetodiodnyy.html>
21. <http://www.brille.ua/svetilniki/al-15-e27-white-svetilnik-promyshlennyy-vlagozashchishchennyy.html>
22. <http://www.brille.ua/svetilniki/bs-12-2x18w-ip64-ps-electronic-svetilnik-lyuminestsentnyy-nakladnoy.html>
23. Г.А.Тищенко. Осветительные установки. – М.: Высшая школа, 1984
24. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)
25. <https://www.dial.de/>
26. <http://www.mdm-light.ru/solutions/osveshenie-uchebnyh-zavedeniy/>
27. <http://muff.kiev.ua/content/vybor-elektricheskogo-kabelya>
28. <http://cable.ru/cable/group-vrb.php?q=%D0%B2%D1%80%D0%B1&c=group>
29. <http://cable.ru/cable/group-vrg.php?q=%D0%B2%D1%80%D0%B3&c=group>
30. <http://cable.ru/cable/group-pr.php?q=%D0%BF%D1%80&c=group>
31. <http://helpiks.org/6-16261.html>
32. <http://electricalschool.info/spravochnik/apparaty/1321-apparaty-zashhity-jelektrooborudovaniya.html>
33. <http://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/vybor-i-montazh-nizkovoltnogo-oborudovaniya-4.html>

34. В. Ц. Жидецкий, В. С. Джигирей, О. В. Мельников — Вид. 4-е, перероб. і доп.. — Київ: Знання, 2010. — 372с.
35. Світлана Трошина Дотримання пожежної безпеки в навчальних закладах, журнал «Безпека життєдіяльності» № 4, квітень 2015р.
36. <http://vnz.org.ua/novyny/tehnologiyi/2525-ekology-zajavlajut-svitlodiody-ne-idealni>
37. Богословский, В.М., Минов, В.С. Особенности теплообмена и оценка комфортности условий в помещении при совмещении отопления и охлаждения // АВОК. 2011. №6. С. 85.
38. Богуславский, Л. Д. Ливчак, В. И. Титов В.П. экономия энергии в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха // М.: Будиздат, 1990. 624 с.
39. Васильев, Г.П. Наумов, А.Л. Евстратова, Н.Д. Повышение энергоэффективности инженерного оборудования. Стимулы и барьеры // Энергосбережение. 2012 год. №2. С. 15-20.
40. Гагарин, В.Г., Козлов В.В. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания//АВОК. 2010. №4. С. 52-66.
41. Табунщиков, Ю.А., Бродач М.М. Научные основы проектирования энергоэффективных из зданий/АВОК. 1998. №1. С. 5-14.
42. Табунщиков, Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. энергоэффективные здания. М.: АВОКПРЕСС, 2003. 100 с.
43. Фокин, К.Ф. К вопросу снижения расхода тепла на отопление жилых домов / АВОК. 2012. №8. С. 83.
44. Чистович, С. А. Технологические схемы систем теплофикации, теплоснабжения и отопления/АВОК. – 2007. – № 7.
45. Шкаровский, А.Л. Теплоснабжение. Основы расчетов и проектирования. Saarbrücken: Palmarium Asademis Publishing, 2012. 395с.

Додаток А

2 ANALYSIS OF MODERN ENERGY SAVING ENGINEERING SYSTEMS OF BUILDING MICROCLIMATE

2.1 Regulatory framework for improving energy efficiency and energy saving measures

One of the goals of this law was to create organizational, economic and legal bases in order to increase energy efficiency and stimulate energy saving [3]. A list of specific requirements for engineering systems and structures that must be taken into account by specialists when developing projects was established.

In the task for the development of the modernization project it is necessary to indicate the energy efficiency class "B", as well as the percentage of reduction of the specific normalized energy consumption for heating and ventilation in relation to the baseline.

The calculation of energy efficiency of energy saving measures in buildings can be carried out at the stage of pre-design studies, at the project stage when establishing the level of thermal protection of building envelopes and development of energy saving measures for engineering systems that serve the building.

The calculation of energy efficiency must be carried out in accordance with DSTU [9]. It should also take into account the costs of heat and electricity and water required to ensure the viability of the building heating, ventilation and air conditioning systems, electric lighting, household appliances and office equipment. It is possible to take into account all technological consumers of energy as sources of heat to the building. The results of the calculation can be used to select the most appropriate design solution according to its feasibility study.

It is assumed that indoor conditions meet comfort conditions such as temperature, relative humidity, air composition, lighting quality, acoustic parameters, or provide protection against freezing of pipelines and materials stored indoors. Energy efficiency can be assessed using the benchmarks of the following building systems: heating, cooling, lighting, autonomous and district heating, hot water, ventilation and air conditioning.

As the main task for the implementation of the principles of thermal protection of buildings it is necessary to provide for the achievement of the necessary thermal parameters of the environment in the premises, the necessary stay of people. Based on this, the regulatory function of the building is defined as providing the difference between the set of necessary conditions indoors (microclimate or microclimate of the premises), and external climatic conditions for a given area. The formation of the thermal environment of the room should be mainly based on temperature and humidity characteristics, such as air temperature, humidity, surface radiation, direction and speed of air movement. They can also be reconciled with the need to maintain a person's body temperature regardless of ambient temperature. Assessing human reactions to temperature and other parameters take into account those related to physiology, as well as emotional factors and maintaining efficiency.

2.2 Energy saving solutions in building microclimate systems

Many foreign and Ukrainian scientists have studied various measures aimed at improving the energy efficiency of residential, public, industrial and other buildings. Works [15-29] and others are devoted to the issues of energy efficiency improvement and energy saving development, as well as the development and creation of energy efficient buildings.

The following works were carried out within the framework of the above-mentioned program:

- replacement of windows;
- additional wall insulation;
- modernization of engineering systems.

For many reasons (use of the cheapest reconstruction options or the ability to radically improve the heating system in houses, old series, no possibility to install a metering system, no possibility to organize a ventilation system) the effect of the above work was very small - than 10-15%. Such an effect from the implementation of measures was clearly not enough. Similar results differ significantly from the results of the rehabilitation of similar buildings in other countries with similar

climatic conditions (for example, Germany). It can be concluded that the difference in efficiency is most likely due to a more comprehensive approach of European partners to solving the problem, including more sophisticated solutions for the reconstruction of old buildings.

Energy-saving measures in microclimate systems are aimed at ensuring the set (required) values of energy indicators of the microclimate of the room with minimal energy consumption. When designing air conditioning systems should first give preference to rational types of systems, then provide a set of measures to reduce the load on the system and reduce energy consumption in the process operation. The latter can be achieved through the use of effective regulatory methods.

Architectural planning decisions and thermal protection parameters, which determine the heat load on heating, ventilation and air conditioning systems, have a great influence on energy consumption.

In addition to thermal protection of the building, economic optimization of structural elements of the building can increase the energy efficiency of the microclimate. Heat input from solar radiation depends on the degree of glazing of facades, the presence of sun protection devices, as well as the ratio of the sides of the building and the orientation of the facades of the building. The increase in heat consumption for heating and cooling of the building leads to an increase in the degree of glazing.

Energy consumption is affected by the shape of buildings. For buildings with an elongated shape, you can choose an orientation in which the heat consumption for heating will be the lowest. The area of external fences and, consequently, the amount of heat loss depends on the ratio of the height of the building and the sides of the building.

An effective means of reducing heat loads on air conditioning systems is a combination of functions of fences and systems. that is, for example, ventilated windows, in which the heat of the exhaust air is utilized in the cold season, and in the warm season the heat absorbed in the window from solar radiation is removed.

Night ventilation can significantly reduce the heat load on ventilation and air conditioning systems during the warm period of the year, during which air exchange can be reduced by almost 2 times. Additionally, the air exchange can be reduced when used for night ventilation of the channels of the floor slabs.

One of the most widely used methods of improving energy efficiency is the utilization of exhaust heat. In the heat exchanger, the heat of the air removed by the exhaust systems is transferred by the supply air, which reduces the heat consumption of the air heaters of the ventilation and air conditioning systems.

In order to increase the potential of secondary renewable energy sources, it is necessary to use heat pumps, which are inverted refrigeration machines, which can be used to extract heat from low-temperature environments, ie low-potential heat.

One of the inexhaustible sources of heat is solar energy, which is used in solar installations.

Energy-efficient operating modes and periodic operation of heating systems can reduce energy consumption by microclimate systems, in which the period when the room is not in use, it maintains a lower temperature, periodic ventilation.

Thus, it is clear that in general to reduce energy consumption by microclimate systems can be combined by combining all the devices and technologies to reduce energy consumption to a level where the necessary parameters of the microclimate in the room. it is possible in the presence of an automated control system.

The work (research) conducted by California scientists was also studied. California researchers analyzed the results of a study funded by the California Energy Commission's Public Energy Research Program (USA) and covered 215 HVAC modules in 75 different homes [27]. Analysis of research has shown that the problem mentioned in the paper, namely energy consumption, arises due to weak system integration during design. The proposed integrated design strategy is also based on the fact that heating, ventilation and air conditioning systems cannot

operate independently of each other, but are part of the interacting complex, ie the building, building engineering equipment and internal sanitary systems.

Strategy to reduce heat load through the use of economical lighting, reinforced thermal insulation, high-quality glazing of roofs with a reflective surface, etc. are the main elements of the strategy.

Measures taken at the project development stage are recouped by reducing the required capacity and, at the same time, reducing the cost of HVAC equipment and related distribution systems.

A comparison of the effect achieved from the implementation of energy saving measures and on the basis of the obtained data [27] was made for three California cities. The diagram of power reduction of HVAC systems is presented in fig. 2.1.

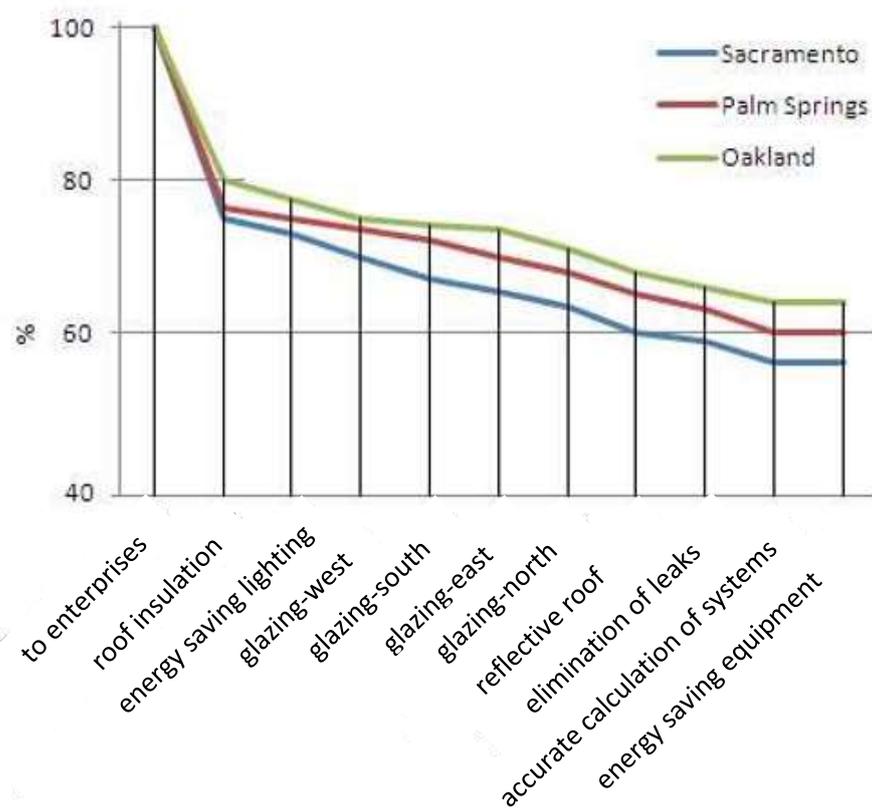


Figure 2.1 - Decrease in the capacity of HVAC systems due to the introduction of energy saving measures

The results showed that roof insulation has the greatest effect among energy saving measures (about 25%). However, the total capacity of HVAC systems was reduced by only 35... 45% depending on the geographical location of the facility.

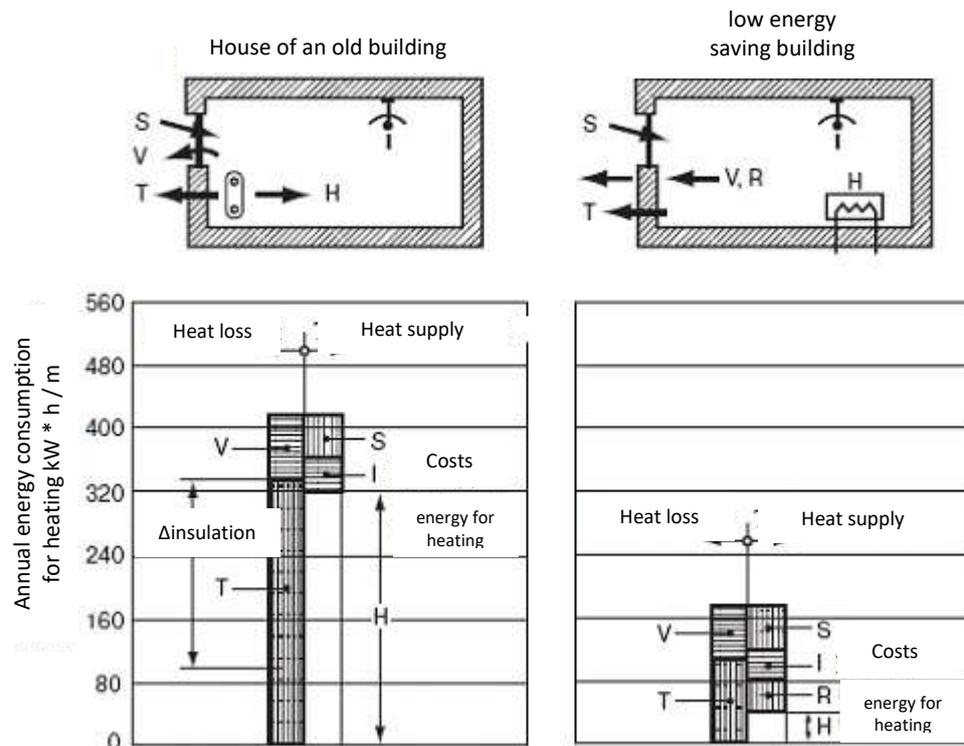
The study of Professor Karl Gertis was also considered [30].

Karl Gertis considers the possibility of a sharp reduction in the energy of the building, which is necessary for heating, which is achieved by improving the thermal insulation of the building, as well as the use of energy-efficient heating systems.

Therefore, we can say that the transition from the buildings of the old building (group 1), with a specific energy consumption for heating 300-400 kWh / m², to buildings with low energy consumption (group 2), which is used for heating from 40 to 80 kW · H / m², clearly marked, ie in order to reduce the energy consumption of the whole building or buildings, it is sufficient to take into account the following elements, which are in order of importance:

- 1) thermal insulation of buildings with high efficiency;
- 2) modern heating systems with regulation, which correspond to a high level of thermal insulation with high efficiency;
- 3) large glass surfaces (windows), which are designed for passive use of solar energy, and which are installed on the south side of the building;
- 4) heat recovery in ventilation systems.

The efficiency of each individual element can be seen directly from the thermal balance of the building. Thus, in Fig. 2.2 presents an example of the heat balance of a Group 1 building (an old building) compared to the heat balance of a Group 2 building (a low energy building). The left column of Fig.2.2 shows heat loss, and the right - heat. Each individual component of the balance (V, T, S, I, R, H) is graphically composed with the rest.



T - Heat loss due to external protective structures; V - heat loss due to ventilation; H - energy consumption for heating; S - heat input with solar radiation; And - domestic heat supply; R - utilization of ventilation air heat.

Figure 2.2 - Annual heat balance of buildings

From fig. 2.2 the following conclusions can be drawn:

1) saving a lot of energy can be achieved by increasing the efficiency of thermal insulation of external enclosing structures of the building, and thus it is possible to significantly reduce the heat transfer coefficient T;

2) ventilation V does not change the loss of thermal energy, because the building needs quality ventilation and not only for hygienic purposes, but also to prevent problems with moisture condensation and prevent the development of mold. It is possible, possibly to use part of the energy R in the case of installing a modern heat recovery system;

3) the amount of thermal energy generated by solar energy S will remain at approximately the same level in the building of group 2 of the old building;

4) in both groups of buildings, the amount of energy of domestic heat I will remain virtually unchanged.

Under the indicator of energy efficiency in the EU regulations adopted "the ratio of energy consumption to air-conditioned (heated) area of the building." The trend of convergence of EU and CIS requirements for the assessment of energy saving measures in the direction of a single European calculation method also dictates the adoption of the following definition. The total specific energy consumption for heating, ventilation, air conditioning, hot water supply, lighting and operation of engineering infrastructure for a certain period of time is an indicator of energy efficiency of the building. For example, in Finland, the focus is on the energy efficiency of buildings, which are differentiated according to the principle of limiting energy consumption. Normative values are given in table №2.1.

Table 2.1 - Types of buildings and energy consumption for passive houses, low-energy buildings, conventional buildings.

Type of building	Energy consumption for heating kW * h /m					
	Ordinary building (modern)		Low energy consumption building		Passive house	
	on 1 m ²	on 1 m ³	on 1 m ²	on 1 m ³	on 1 m ²	on 1 m ³
Housing sector	100	32	50	16	20	7
Office space	90	29	45	14	15	5
Type of building	Total energy consumption kW * h /m					
	Ordinary building (modern)		Low energy consumption building		Passive house	
	on 1 m ²	on 1 m ³	on 1 m ²	on 1 m ³	on 1 m ²	on 1 m ³
Housing sector	200	64	140	45	80	26
Office space	140	45	85	27	45	15

Attempts to solve individual problems separately from each other, as a rule, do not give the desired effect. For example, the thermal regime of a building is significantly affected by increasing the thermal resistance of building envelopes and requires changes in the heating and ventilation system. And if you do not increase the thermal resistance of window units, it becomes impossible to increase the thermal resistance of wall fences and it does not lead to the desired results and more.

Studies conducted in our country and in a number of foreign developed countries suggest that an effective energy saving policy in construction is possible only with an integrated approach: this is achieved when considering a residential building as a system that provides the necessary comfort and quality microclimate for human habitation. Moreover, this approach must be implemented both for newly built housing and for existing ones, and this can be done only with a radical change in the design system, which is based on the integration of all engineering systems of the building and structural elements.

2.3 Energy-saving equipment of engineering systems of microclimate of buildings

2.3.1. Supply and exhaust ventilation system with recuperation

Heat recovery (heat recovery) is the process of heat exchange, during which heat is removed from the air removed and transferred to fresh inlet air. Recuperation is possible with the use of supply and exhaust units and central air conditioners with the presence of a recuperative heat exchanger. The process takes place in such a way that as a result the exhaust air and fresh air are separated from each other so that they do not mix. In refrigerated rooms, recuperative heat exchangers are used with the reverse method, ie for cold recovery. Due to heat recovery, significant energy savings can be achieved, which goes to heating or cooling the air entering the building, for example, when using recuperation to heat a house with an area of 200 m². in the coldest period 4.5 kW of heat is enough.

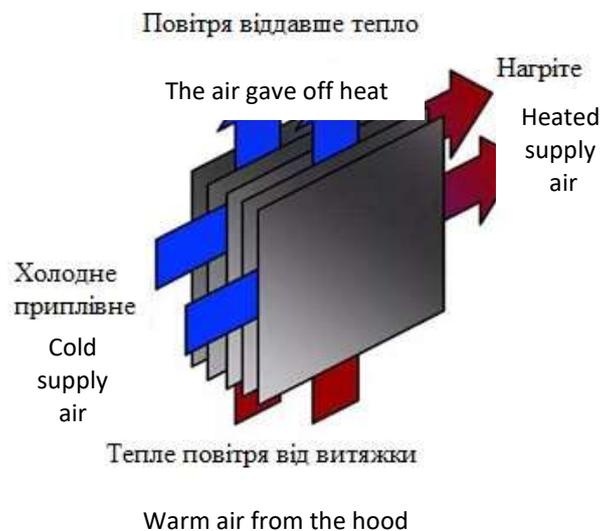
The following are the requirements for energy consumption of ventilation systems for European countries.

Energy consumption is significantly affected by some design features of ventilation systems: tightness and thermal insulation of air ducts, the presence of heat recovery, etc. Most often set minimum requirements for heat recovery, provided in several ways, such as performance .

The efficiency of heat recovery in most countries is based on temperature and ranges from 65-75% (in Slovenia) to 90% (in the Netherlands). Thus, in Finland, the requirements are based on the total annual heat recovery from the ventilation air of

the whole building (at least 45% of the thermal energy must be removed). The power of the ventilation system is also regulated by the specific power of the fans, which includes the design of air ducts (pressure drop) and fan efficiency in kW per m³ / s air flow. Requirements are also set for electric fan motors. In many countries, for example, the requirements for air ducts in terms of tightness and insulation.

Plate recuperators. The supply and exhaust air pass on both sides of a number of plates (Fig. 2.3). This virtually eliminates the contact between supply and



exhaust air.

Figure 2.3 - The principle of operation of the plate recuperator

Plate recuperators are equipped with condensate drains, because there is a possibility that it may form on the plates. Condensation leads to the formation of ice, it follows that there is a need for a defrost system.

Heat recovery can also be regulated by a bypass valve that controls the flow of air passing through the air recuperator. The plate recuperator has no moving parts.

Rotary recuperators. In rotary recuperators the temperature of two air streams is exchanged (Fig. 2.4). Heat transfer is due to the fact that the rotor rotates continuously between the removed and supply channels. Rotary recuperators have a significant disadvantage, namely the possibility that odors and pollutants emitted by people, building materials, furniture, can move from the removed air to the supply. This disadvantage can be solved by the correct location of the fans. The rotor speed regulates the level of heat recovery. Such recuperators have moving parts.

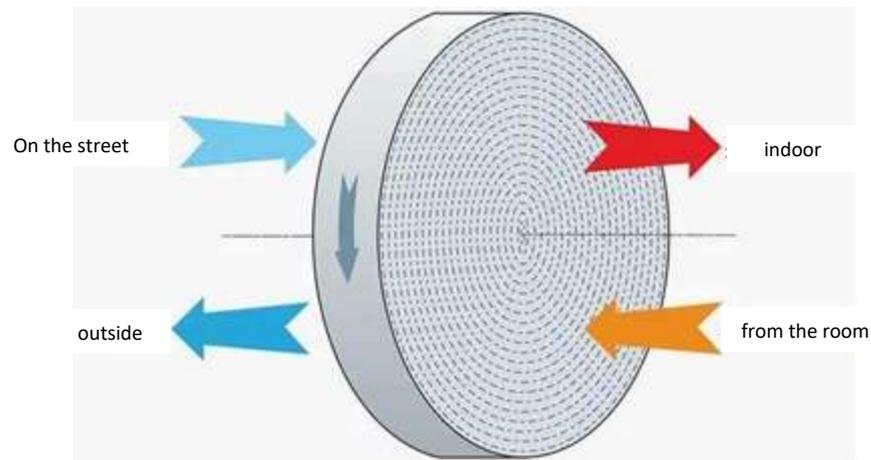


Figure 2.4 - The principle of operation of the rotary recuperator

Chamber recuperators. The chamber recuperator is presented in Fig.2.5, which shows that the damper divides the chamber into two parts. One part of the chamber is heated by the exhaust air, then the damper changes the direction of air flow so that the supply air is already heated by the heated walls of the chamber. There is also a disadvantage of chamber recuperators, which is that the pollution and odors contained in the removed air can be transmitted to the supply.

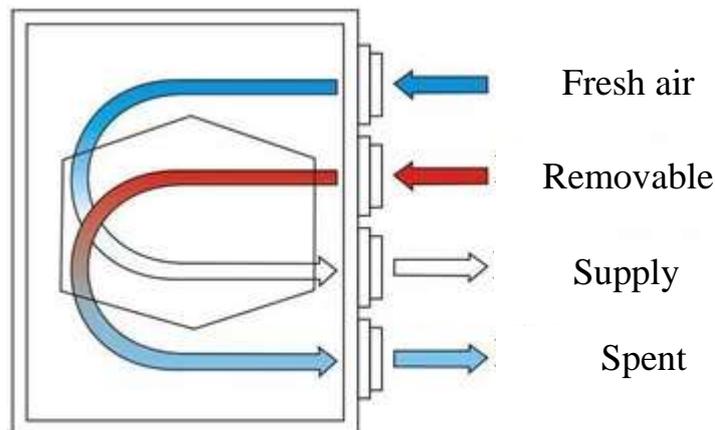


Figure 2.5 - The principle of operation of the chamber recuperator

Recuperators with intermediate coolant. Such recuperators are usually used in systems where mixing of air flows is not allowed, as well as in cases where there is a large distance between the installations (supply and exhaust). Using a heat exchanger installed in the exhaust part of the installation, the coolant receives heat from the exhaust air and then transfers it to the air supplied by a heat

exchanger installed in the supply part of the installation and serves as the initial heater (Fig. 6). Depending on the climate, non-freezing liquid (Freon) or water can be used as an intermediate heat carrier.

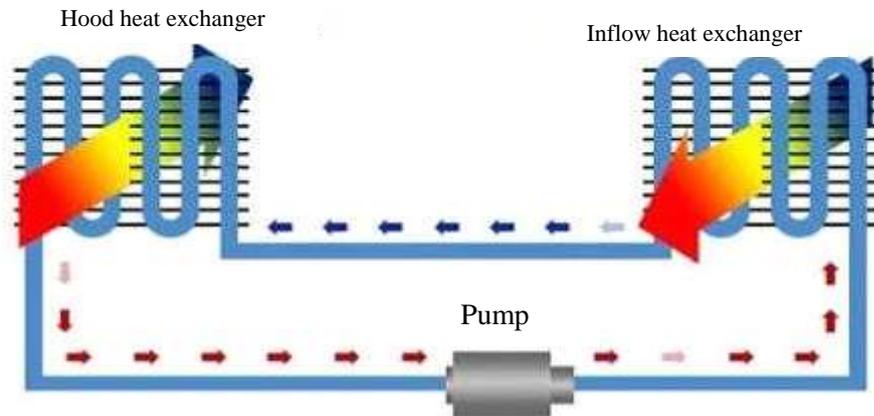


Figure 2.6 - The principle of operation of the recirculator with intermediate coolant

Heat pipes. Heat pipes consist of a closed system of tubes, which are filled with freon, which evaporates due to the heat given off by the exhaust air (Fig. 2.7). Freon enters the heat exchanger (condenser), which is located in the supply part of the installation and condenses, thus giving heat to the supply air.

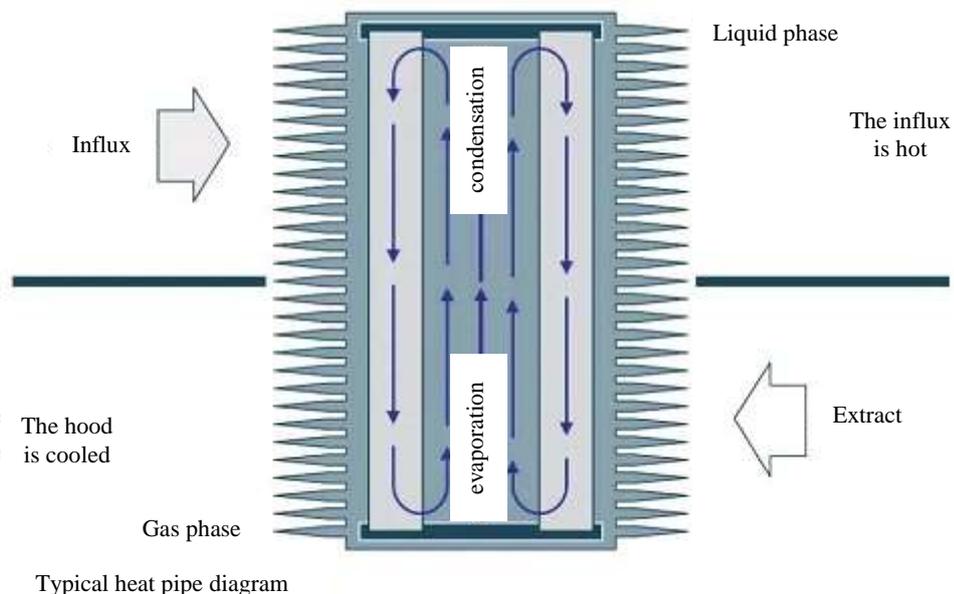


Figure 2.7 - The principle of operation of the recirculator with heat pipes

2.3.2. Alternative systems for the use of solar energy

Vacuum collector with thermotubes. Currently, work is underway to develop photovoltaic systems, which are systems that convert solar radiation directly into electricity. The collector absorbs light energy from the Sun, which is then converted into heat, which is then transferred to the coolant (liquid or air) and then used to heat water, heat buildings, produce electricity. The most efficient collectors used in year-round water heaters are vacuum solar collectors (Fig. 2.8).

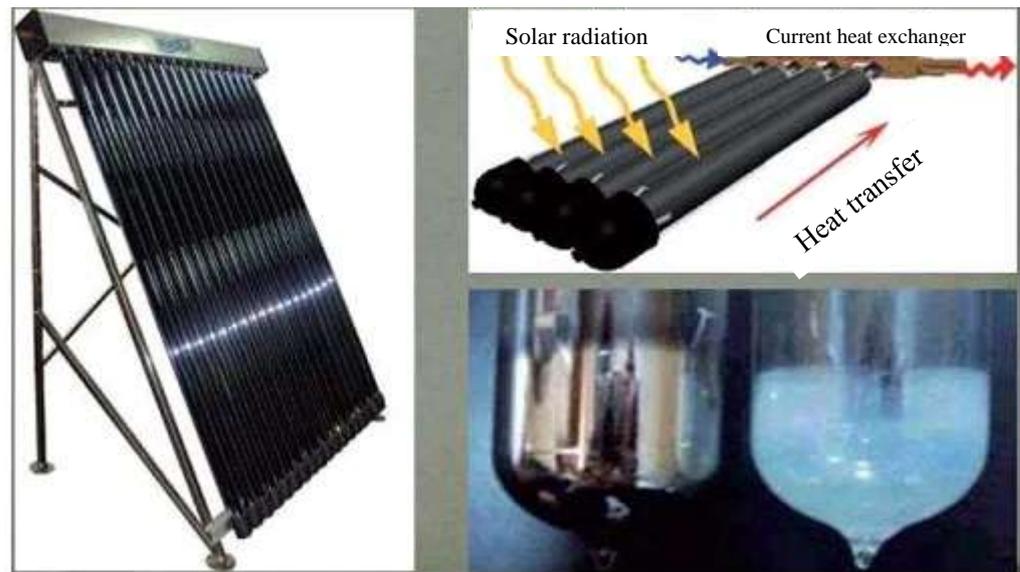


Figure 2.8 - Vacuum collector with heat pipes

The heat pipe is a closed copper pipe with a low content of low-boiling liquid. The liquid evaporates under the influence of heat and takes away the heat of the vacuum tube. The vapors rise to the upper part - the head, where they condense and transfer heat to the non-freezing liquid of the heating circuit or the heat carrier of the main water consumption circuit. Then the condensate flows down, and everything is repeated first. The receiver of a solar collector (copper with polyurethane isolation), is closed by a corrosion-proof sheet. Heat transfer takes place through a copper "sleeve", which is installed in the receiver. Due to this, the heating circuit is separated from the tubes. If one tube is damaged, the collector may run. The procedure for replacing the tubes is very simple and there is no need to drain the antifreeze mixture from the heat exchanger circuit.

Another important advantage of collectors with heat pipes is their ability to operate at temperatures down to -35°C (all-glass collectors with heat pipes) or even down to -50°C (collectors with metal heat pipes).

Evaporation usually begins at a tube temperature of more than 30°C , so at low temperatures the tube seems to "close" and there is no heat loss through the collector (for example, at night or cloudy weather). The collector is located outside the room, and all other equipment - inside the house. then everything helps to minimize heat loss.

2.3.3 Adaptive ventilation systems with variable air flow

Such systems are systems that provide support for the specified air parameters in service areas with different requirements for the microclimate. Such systems are relatively low cost and quite economical energy consumption.

Energy efficiency is achieved through the principle of operation of such a system, ventilation works where and where and when necessary. Depending on the needs of each room, as well as the number of people and the type of activity, the elements of the ventilation system work. There are three main types of adaptive systems:

- 1) manually adjustable;
- 2) with motion sensors;
- 3) with sensors that detect changes in humidity and carbon dioxide concentration

Manually adjustable adaptive systems.

These systems are cost-effective, but they are extremely inconvenient to use, as well as impractical and require constant human presence, and in addition, manual control can cause management errors that are related to the human factor.

Adaptive systems with sensors that detect changes in humidity and carbon dioxide concentration. Ventilation systems with humidity sensors are more acceptable for residential premises (Fig. 2.9). Humidity is also a relative

indicator of the state of pollution of the room. At the heart of such ventilation systems with components that respond to increasing or decreasing humidity is the ability of some materials to expand with increasing humidity and compress with decreasing humidity.

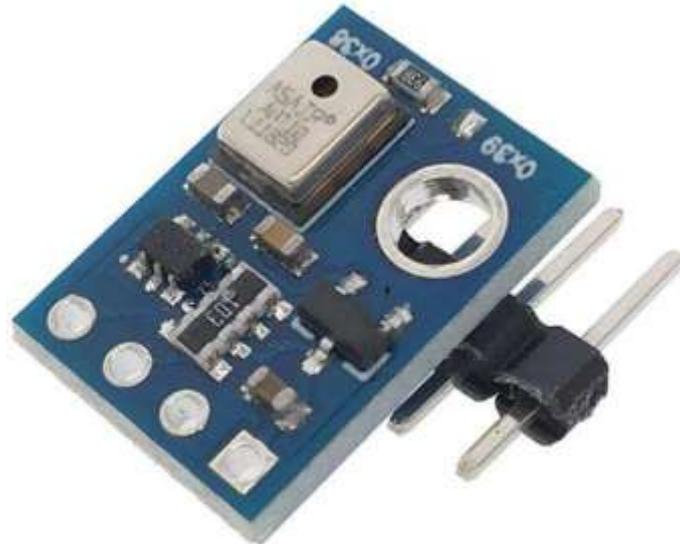


Figure 2.9 - General view of the temperature and humidity sensor

Depending on the humidity inside the room, the air flow is adjusted, the higher the humidity, the wider the dampers open, which regulate the amount of air entering the room. Humidity sensors are completely isolated from the supply air. Sensors only detect changes in internal humidity. Humidity sensitivity technology is also used in exhaust grilles in rooms, supply devices, where the state of humidity reflects the level of internal pollution. When using adaptive ventilation systems, high-demand living spaces receive more airflow than empty ones.

Ventilation systems with motion sensors. Such systems are most often used in public places. The most cost-effective way to improve energy efficiency is to use the following set of measures: improving the thermal protection of enclosing structures, modern energy-saving methods and technologies, implementation of engineering and design measures.

2.3.4 Ventilated enclosing structures

Ventilated windows. The use of ventilated windows with a valve is another effective way to save energy for heating and cooling (Fig.2.10). Unlike traditional windows, which have a closed air layer between the glass, ventilated windows have slits (valves) at the top, through which the internal air moves (ventilates). Also, ventilated windows can provide excellent heat and sound insulation. Due to the elimination of cold falling flows, the space near the windows is used more efficiently.

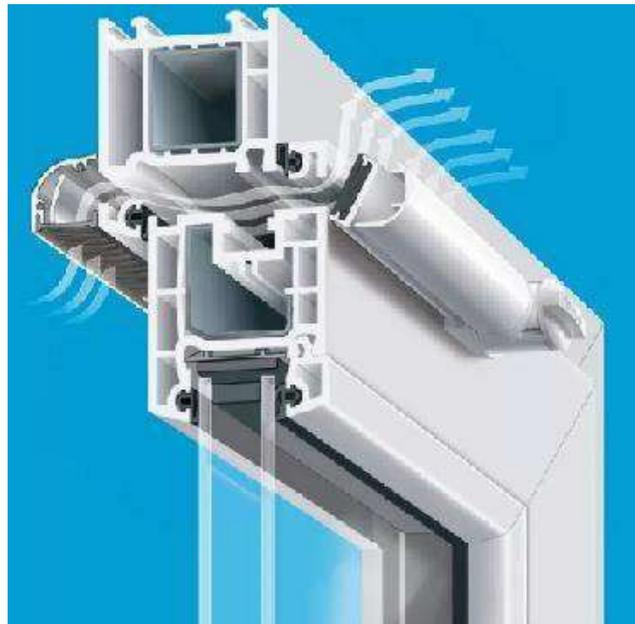


Figure 2.10 - Plastic window with supply valve

Ventilated walls. Ventilated walls are a more environmentally friendly system due to the fact that the structures of the house (partitions, walls, ceilings) act as heat accumulators (Fig. 2.11). Inside the structures there are openings for the passage of warm air from the house, which transfers heat to them. Thus, there is no need for expensive massive heat accumulators.



Figure 2.11 - Ventilated walls and floors

2.3.5 Automated energy-saving engineering systems of building microclimate

The energy-efficient building uses a full range of devices, tools and automation systems for central HVAC systems (heating, ventilation and air conditioning). Special separate systems are designed for individual room temperature control in the mode of heating or cooling, individual room air exchange, as well as for lighting and shading the room with blinds (Fig.2.12).

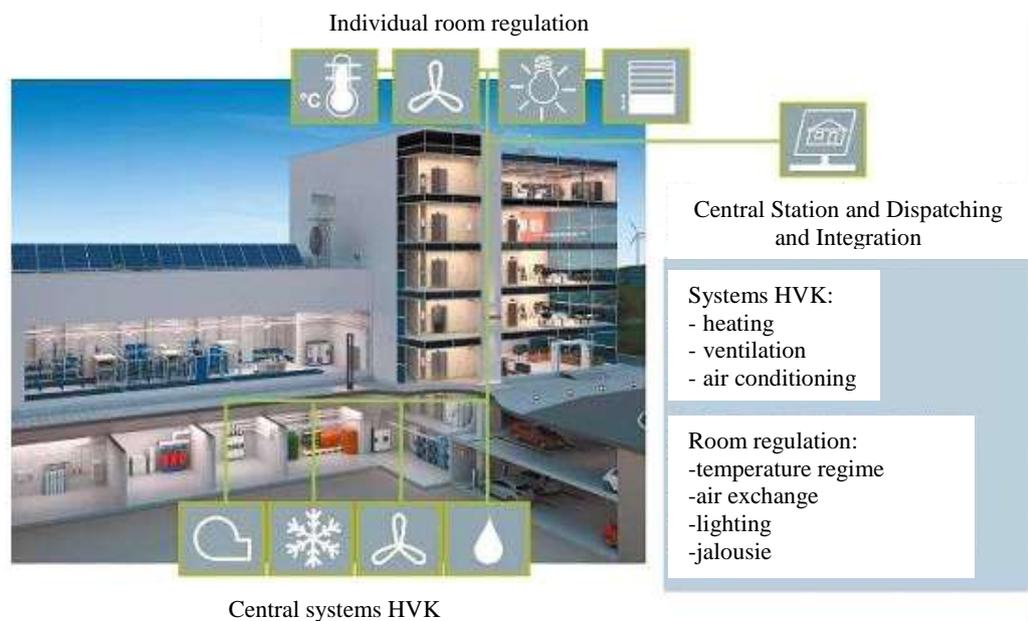


Figure 2.12 - Building automation systems

The central station is designed for dispatching and is an integrated building management system to maintain the microclimate and energy saving. It also integrates fire safety systems, intrusion control, access control, video surveillance and emergency notification. Special web applications allow you to control from a remote computer, and mobile applications - using a smartphone or tablet (Fig. 2.13).

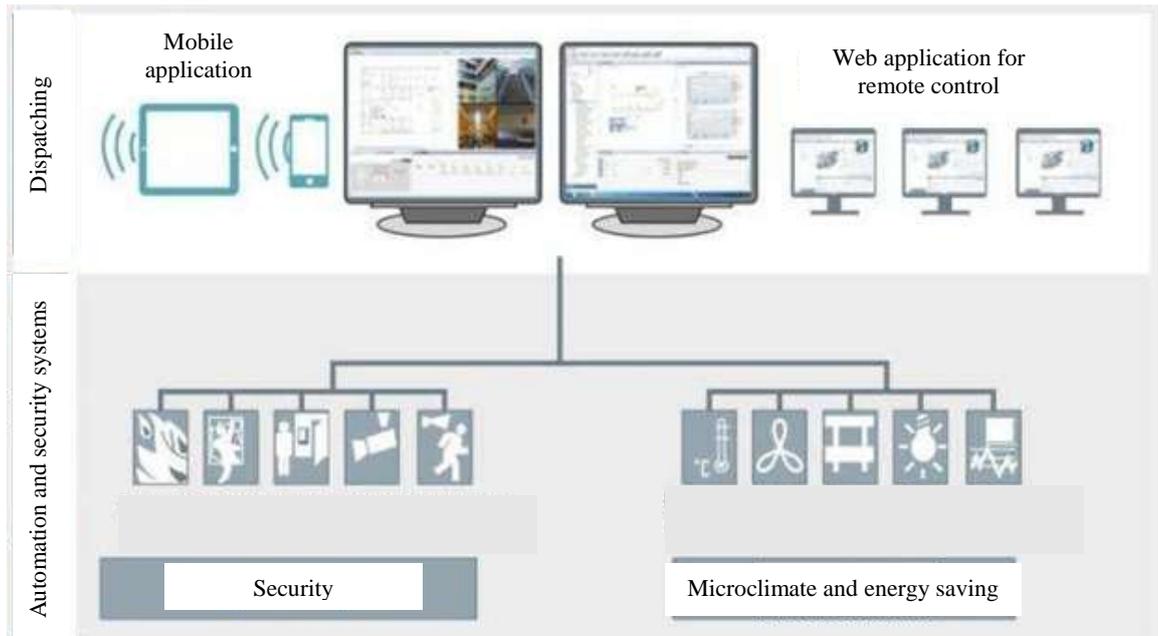


Figure 2.13 - Building scheduling system

According to the European standard EN 15232 building automation systems and control methods of engineering systems are divided into four energy efficiency classes: A, B, C and D (Fig.2.14).

Class D includes non-energy efficient building automation systems and engineering systems management methods that should not be embedded in design decisions.

Class C is called standard, or comparative energy consumption in engineering systems, automated and controlled by class C, conventionally taken as a unit for comparison.

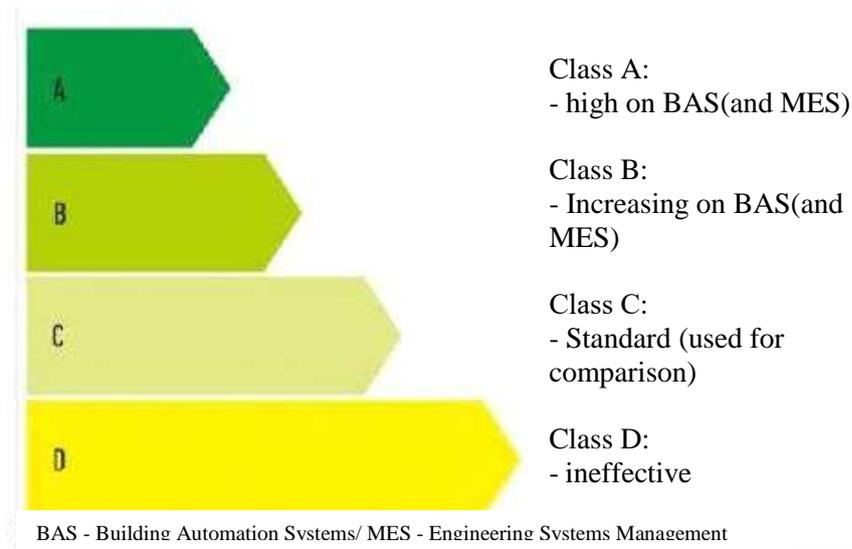


Figure 2.14 -Classes of energy characteristics of automation systems

Class B includes systems with high energy efficiency, and class A - with high. If, for example, in the office building automation systems and control methods of engineering systems corresponding to class C, modernize and bring to class A, you can start saving up to 30% of thermal energy and up to 13% of electricity.

The method of determining the savings potential is based on coefficients. The difference between automation systems of different classes in practice is shown from the example of automation of home heating systems (Table 2.1).

Table 2.1 -Heating automation systems of different classes

		D	C	B	A
Heating system automation					
Comfortable indoor conditions					
Indoor temperature maintenance					
0	Automatic temperature control in CHP				
1	Automatic temperature control IHP				
2	By room temperature control (radiator fans, thermostats, etc.)				
3	On room regulation with communication between controllers and the central station				
4	By room regulation with communication and taking into account the need for human presence				

If the automatic heating temperature control is limited to the central heating point (central heating point), the system corresponds to inefficient class D, because the heat carrier of the same temperature is supplied to different rooms with different thermal characteristics and different heating needs. If the automatic heating temperature control is limited to the ITP (individual heating point), the system also corresponds to class D, as the coolant supplies the same temperature to different rooms of the building with different heating needs. In order to meet at least the standard class C, it is necessary to provide room temperature control in at least one of the following ways: radiator valves, thermostats, room controllers, etc. For class B it is necessary to organize room temperature control with communication between the controllers and the central station. Communication in the form of feedback allows you to get additional savings potential in the heating system. Finally, in order to comply with class A, it is necessary to provide room temperature control with communication between the controllers and the central station plus control of the presence of a person in the room. Thus, the higher the level of automation, the greater the potential for savings in engineering systems.

2.4 Selection of energy saving measures and engineering systems of the microclimate with their optimal combination

2.4.1 Heating systems

Heating is solved in an innovative way. Water heating system with forced circulation, with lower dilution and closed expansion tank. Heating devices are connected by a two-pipe piping system. The system is designed for the temperature supplied by the pipeline 90°C , the return - 70°C . Operation takes place without gaps, but with a decrease in temperature at night with the help of the boiler control controller, which receives signals from an external temperature sensor.

The idea of such a solution is based on the following provisions:

- lack of heating devices and elimination of the effect of local heating of the walls;
- Improving thermal comfort, creating a healthy indoor climate;

- energy savings due to the high share of radiant heat transfer;
- optimal solution for condensing boiler, due to low supply temperature (45-55 ° C);
- Ability to use the system for cooling in summer.

Appropriately selected in terms of power and dimensions, heating modules connected by the Tichelmann system were first placed in the spaces between the windows, and the rest of them - on the inner walls.

The problem of temperature control is solved by installing in the programmer, which controls the zone regulators of heating circuits in the walls of the room.

2.4.2 Ventilation systems

Scientific research and calculations of the air regime of the building revealed general trends in the components of the air balance when changing weather conditions for different buildings.

The increase in wind speed does not affect the flow of air, ventilated facade, which is removed from the room, but with poor front doors inflow decreases through the windows and increases through the front door. Due to the installation of dense windows in the building, the device only exhaust system is ineffective. Therefore, ventilated windows with a valve that has a high aerodynamic resistance and does not transmit noise from the street, and supply valves in the outer walls, as well as mechanical recuperative ventilation. Conditional placement of ventilation valves in windows and walls is shown in Fig. 2.17).

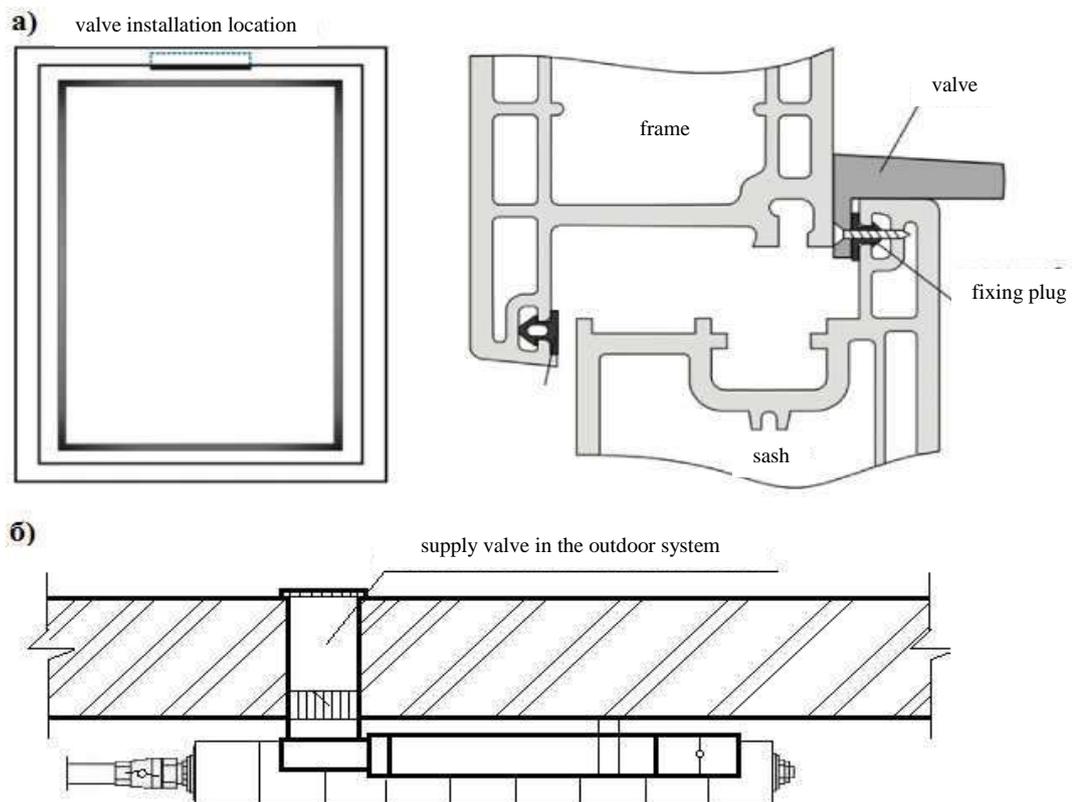


Figure 2.17 - Conditional placement of ventilation valves in the windows (a) and walls (b) of a residential building

The areas of windows and their air permeability in the building meet the standards as well as the air permeability of doors (air permeability of windows on the 1st floor was $6 \text{ kg} / \text{h} \cdot \text{m}^2$, and doors $1.5 \text{ kg} / \text{h} \cdot \text{m}^2$). The main channels are of the same diameter in height, made of metal. The diameters of the side branches are also made the same. For the side branches are selected throttle - valves that equalize the flow of exhaust air on the floors. The calculation determined the air consumption, which is the air balance of each room of a residential building at different outdoor temperatures, wind speed and open and closed windows.

In addition to the regulated natural ventilation system, mechanical heat recovery of exhaust air is used. The points of inflow of fresh heated air are located in long-stay rooms. Diffusers are placed in ceiling structures. The spiral recuperator together with the fans, the collector and the control system of the damper is mounted in the attic. The supply shaft runs in one of the end walls, and a

free vertical ventilation duct is used as the exhaust shaft. In order to ensure general air exchange between the premises of the building between the door leaf and the floor, gaps 7 mm high are left.

According to the purpose and parameters of the ventilation and recuperative system, the following elements were selected:

- recuperator with a spiral heat exchanger with a capacity of 1000 m³ / h, with an efficiency of 85-92%;
- one supply and one exhaust fan;
- regulator of speed of electric motors of fans;
- flexible insulated air ducts;
- rotary-deflecting valves by the number of supply channels;
- supply and exhaust diffusers.

The control of the ventilation and recuperative system involves the equipment of the system of secondary heat of exhaust air by a regular speed regulator, which controls the productivity of the exhaust and supply fans. The programmable temperature regulator for the purpose of additional optimization of process of ventilation of a house is provided.

2.4.3 GWP systems

Management of the entire heating system of the school premises is designed based on the simplicity of its operation. Widely available microprocessor temperature controllers and time-programmable controllers are used as controls.

The control of the heat generation and storage system is based on the standard system of boiler automation, which regulates the temperature of the coolant and controls the heating of water for hot water. Microprocessor temperature controllers successfully interact with this main system.

The automation of the power supply circuit is combined. The water heating in the hot water heater is controlled by a thermostat installed on it and a programmable controller. The hot water circulation circuit is equipped with a threshold temperature controller and a programmable controller. The heating

circuit with heating devices receives the coolant directly from the heat accumulator and is controlled by a programmable controller.

Heat distribution between individual rooms is regulated by valves with thermostatic heads installed on the devices. The circuit of wall heating, taking into account the technological limitation of temperature up to 55 ° C, is equipped with a pump group with a mixing unit, which is controlled by a temperature controller.

Conclusions

1. In recent decades, there have been changes in regulatory requirements for energy efficiency and energy saving of buildings. A number of normative documents related to increasing energy efficiency not only of newly constructed buildings and structures, but also operated ones, as well as the development and implementation of new principles and systems of life support, ie the creation and maintenance of microclimate.

2. From the analysis of world and domestic experience it follows that currently there is an active development of energy-saving engineering systems of the microclimate of buildings. Energy-saving measures in microclimate support systems are laid down in the projects, which provide the set values of energy indicators of the room microclimate at minimum energy consumption. However, our country lags behind foreign indicators in the implementation of energy-saving solutions, energy-saving devices and equipment of engineering systems, construction of buildings and structures.

3. The above implies the urgency of reducing the overall energy consumption of microclimate systems by combining all engineering devices and technologies to reduce energy consumption to a level where the necessary parameters of the microclimate in the room. this is possible when assessing the energy efficiency of microclimate systems and the availability of automated control systems.

4. The choice of engineering systems of microclimate and energy saving measures at their optimum combination is executed. The following technological decisions were made in the work:

- wall heating and underfloor heating, which, in addition to saving energy, create a healthy indoor microclimate and a comfortable feeling of radiant heat;
- use of wall heating and underfloor heating to cool the premises in the warm season;
- application of individual temperature controllers of heating circuits in each living space;
- the use of programmable controllers, which increases the efficiency of the system due to the possibility of regulating the operating time of systems (passes);
- ventilated windows with a valve and supply valves in the external walls are used to supply natural air to the building;
- water heating in the hot water heater is controlled by a thermostat installed on it and a programmable controller;
- hot water circulation circuit is equipped with a threshold temperature controller and a programmable controller.

Актуальність роботи пов'язана з вибором найоптимальніших шляхів підвищення енергетичної ефективності будівлі, у тому числі з розробкою нових принципів та систем життєзабезпечення та їх впровадженням (створення та підтримки мікроклімату).

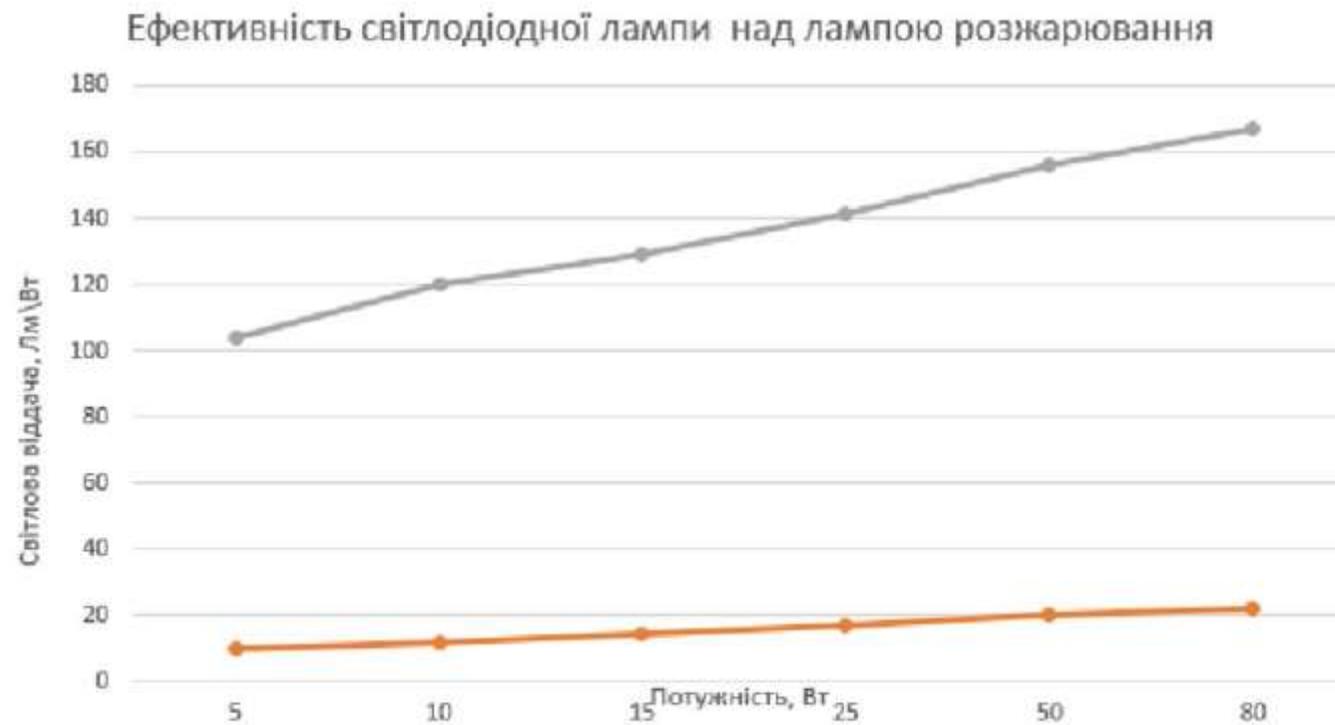
Наукова новизна роботи полягає у розрахунку оптимальних показників енергоспоживання та енергоефективності, виборі найбільш підходящих енергозберігаючих інженерних систем мікроклімату житлового будинку для заданої території, обґрунтування оптимальних технологічних рішень, що дозволяють реалізувати енергозберігаючі заходи під час проектування інженерних систем мікроклімату

Метою даної роботи є проектування та розрахунок систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень Хорольської гімназії,

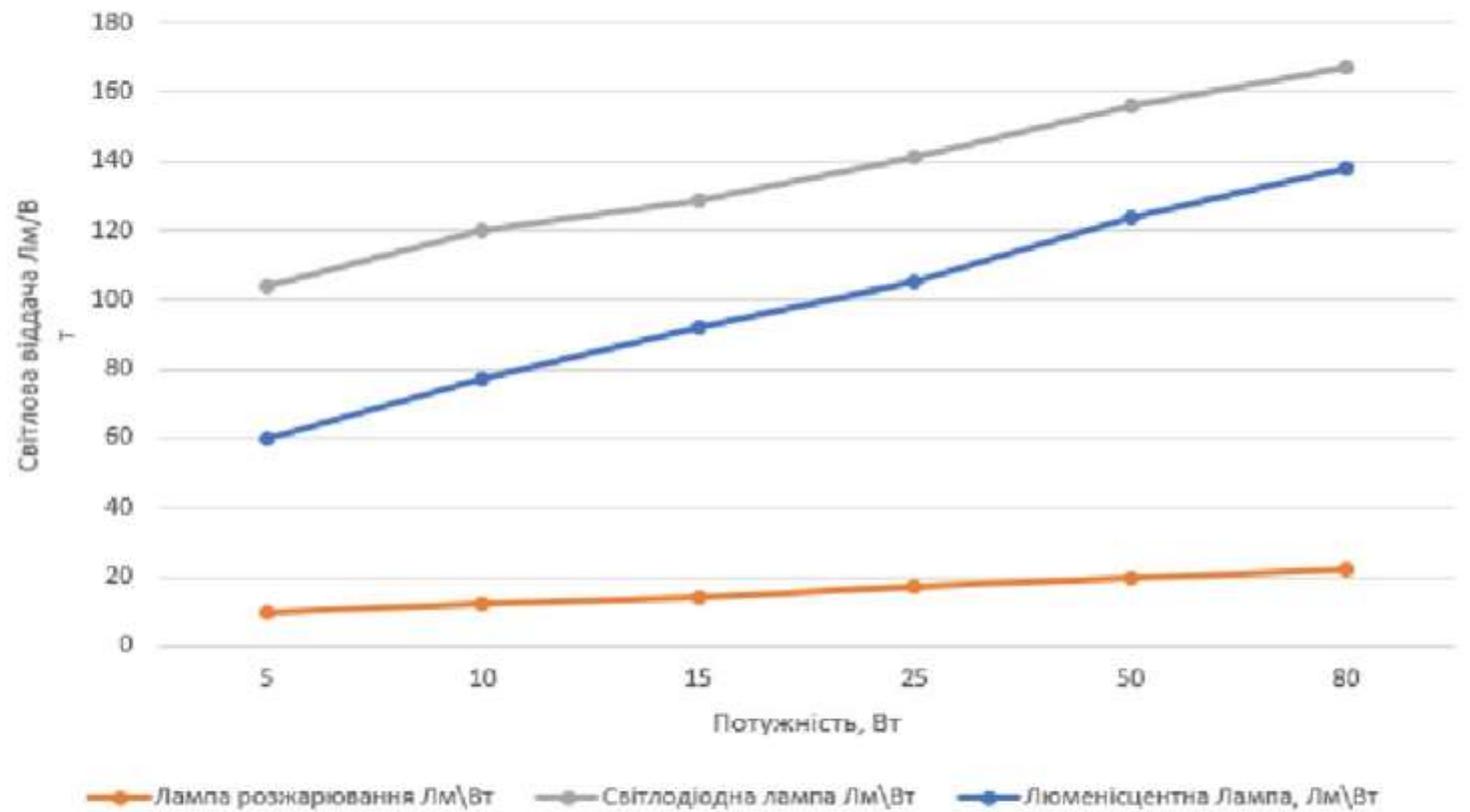
Залежність світлової віддачі від потужності

2

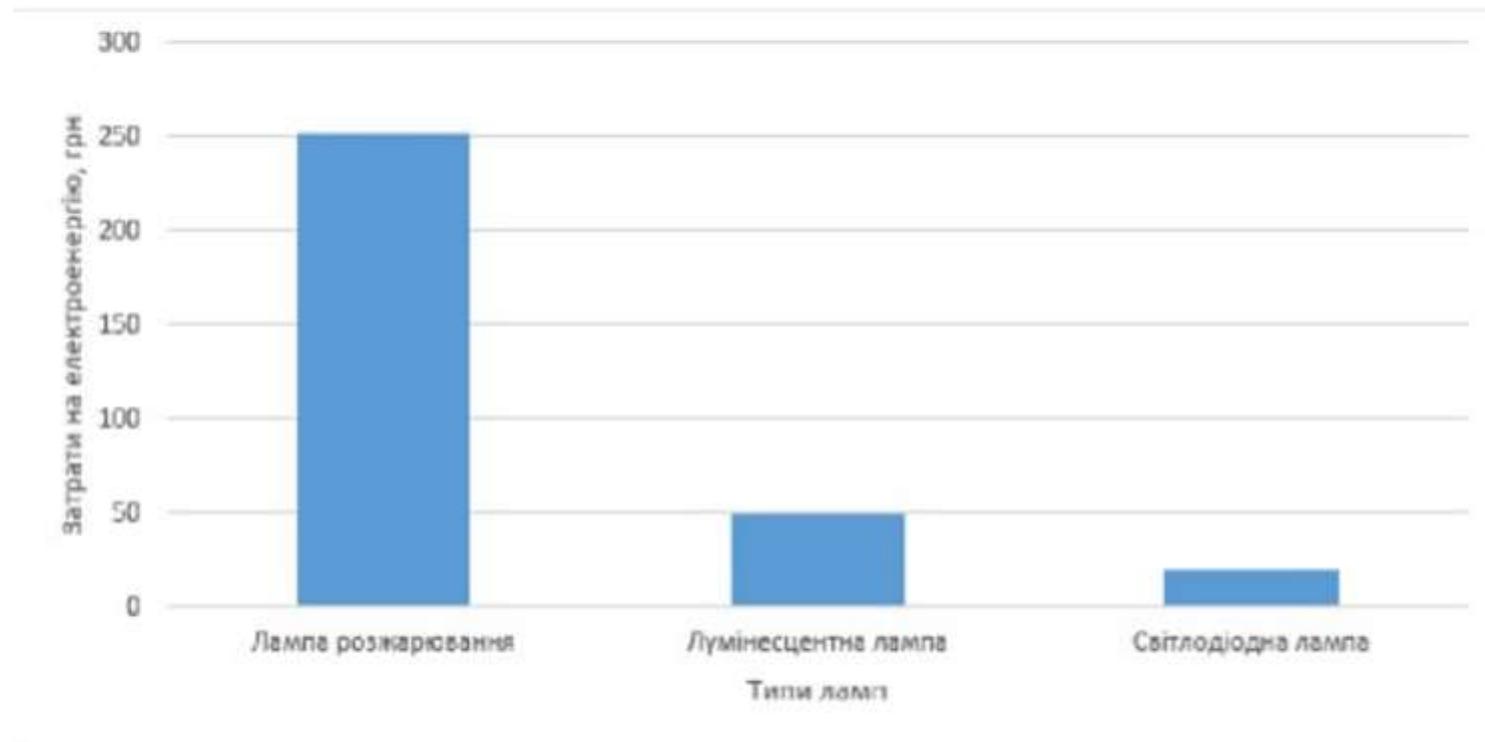
Потужність, Вт	Лампи розжарювання, Лм/Вт	Люмінесцентні лампи, Лм/Вт	Світлодіодні лампи Лм/Вт
5	10	60	105
10	13	77	120
15	15	92	129
25	17	105	141
50	20	124	156
80	23	137	167



Ефективність різних типів ламп

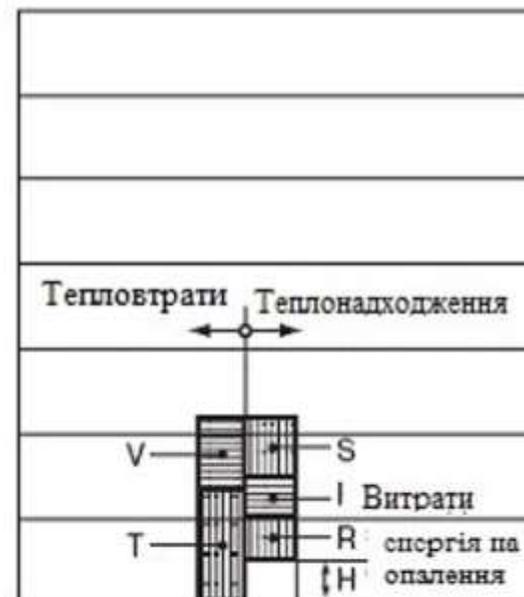
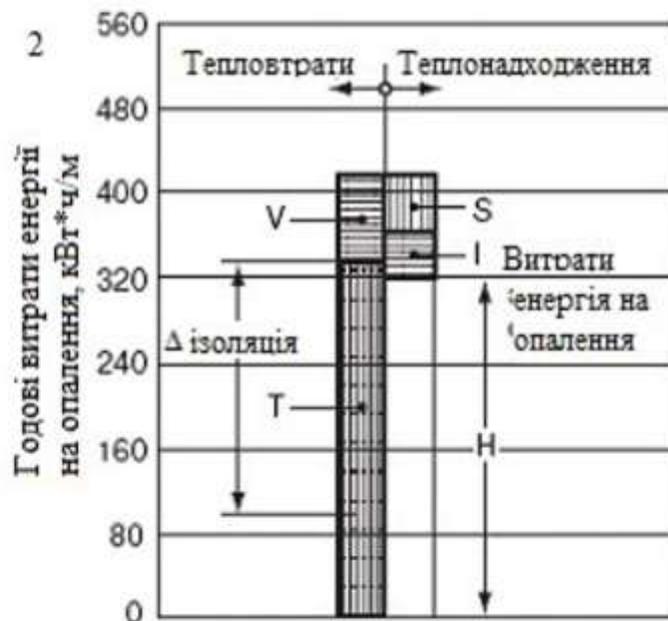
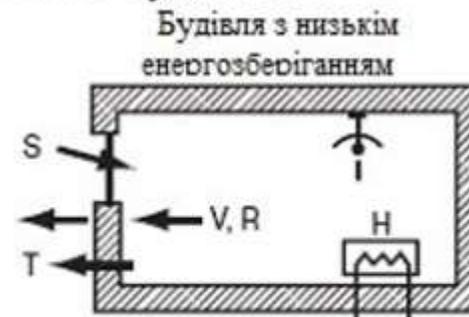


Затрати на електроенергію різних типів ламп



Річний тепловий баланс будівель

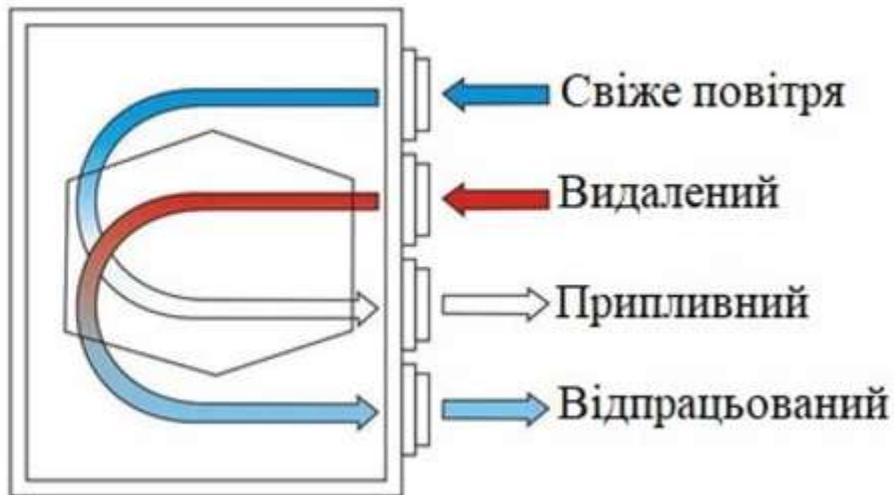
6



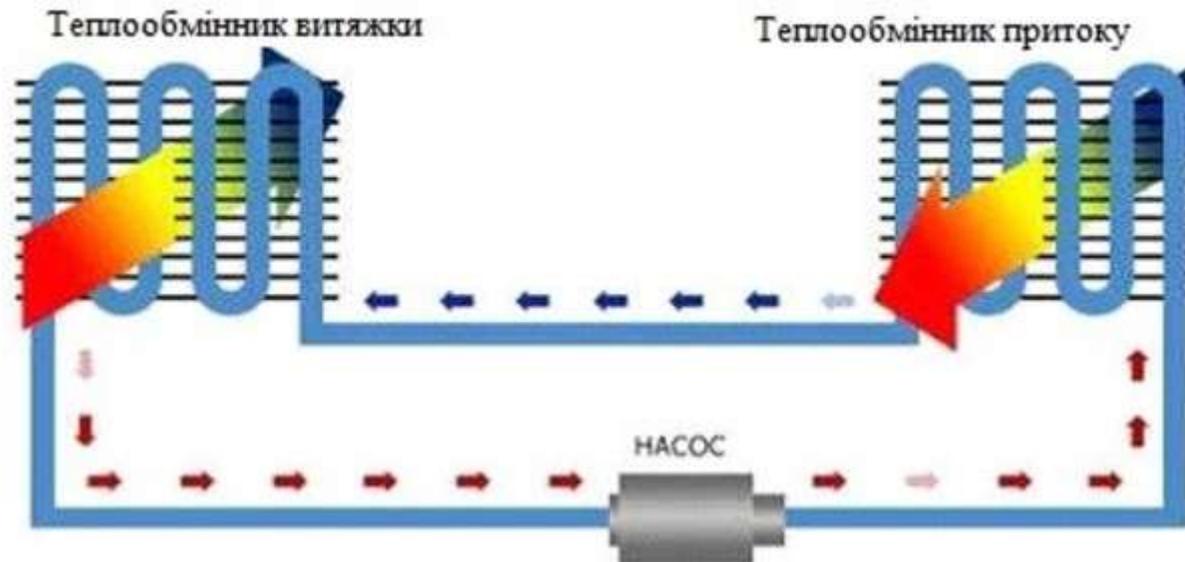
T – Тепловтрати через зовнішні захисні конструкції; V – тепловтрати за рахунок вентиляції; H – витрати енергії на опалення; S – теплонадходження із сонячною радіацією; I – побутові теплонадходження; R – утилізація тепла вентиляційного повітря.

Принцип роботи камерного рекуператора

7

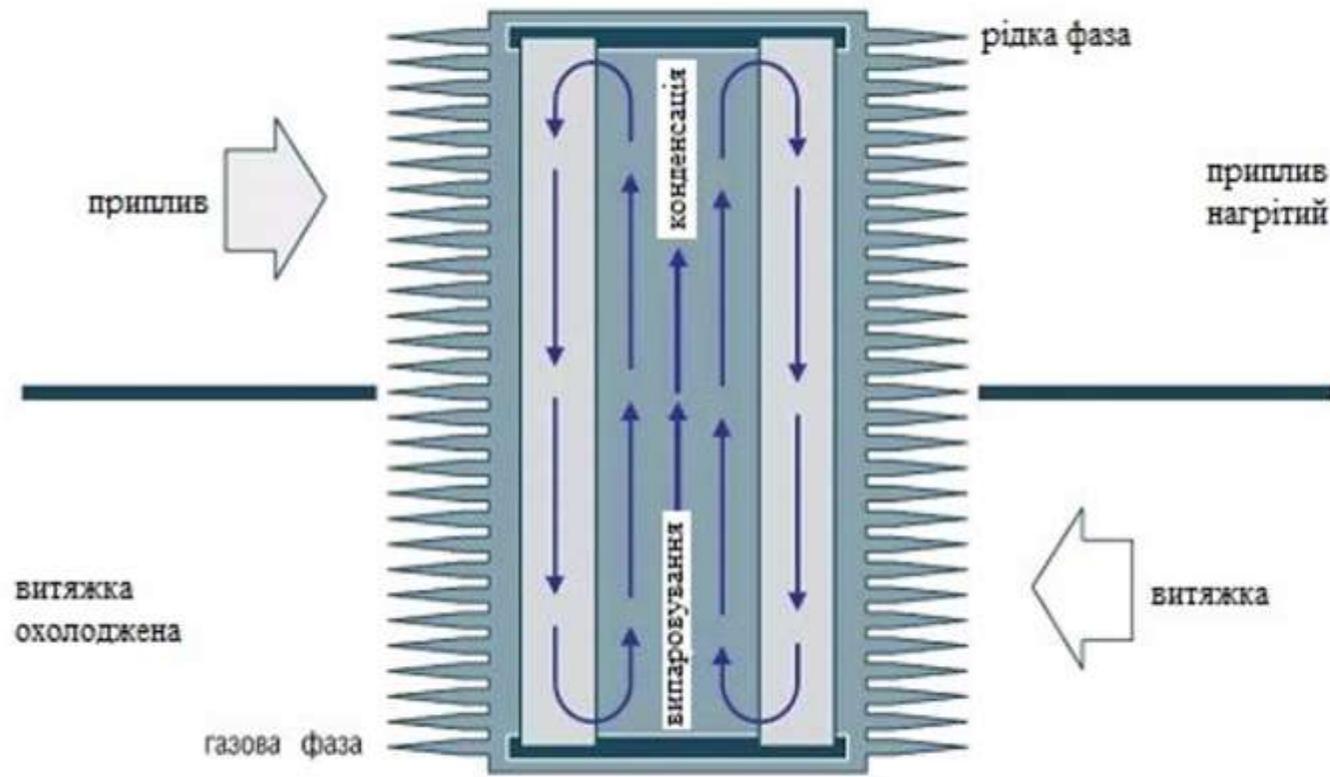


Принцип роботи рекуператора з проміжним теплоносієм



Принцип роботи рекуператора з тепловими трубами

8



Типова схема теплової труби

Система диспетчеризації будівлі

