

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ, ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ВЕЧІРНЬОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

Вірченко Олена Сергіївна

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕНТРУ
ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ
ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Магістерська робота

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

(Енергетичний менеджмент)

*В роботі не виявлено текстових,
ілюстративних та інших запозичень
без коректного на них посилання*

Керівник роботи: _____
(підпис)

Сотник М.І.

(прізвище, ім'я, по батькові)

ДОКТ. ТЕХН. НАУК

(наукове звання та наукова ступінь)

Суми 2020

Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика» (Енергетичний менеджмент)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
прикладної гідроаеромеханіки
Ковальов І.О.
“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Студентки _____ Вірченко Олени Сергіївни _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі Центру обслуговування пасажирів з використанням відновлюваних джерел енергії» затверджена наказом по університету № _____ від “ ___ ” _____ 2020 р.
- 2 Термін здачі студентом закінченої роботи до 11.12. 2020 р.
- 3 Вихідні дані до роботи (Нормативна документація з енергоспоживання, що діє на території України).
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити).

Вступ (загальна характеристика проблем з енергозбереження, актуальність теми, зв'язок роботи з науковими програмами, мета і задачі дослідження, поставлені задачі дослідження, об'єкт дослідження, предмет дослідження, методи дослідження, новизна отриманих результатів, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок магістранта, структура та обсяг магістерської роботи).

Розділ 1 - Методи та методика проведення досліджень (опис методів та приладів вимірювання, математичне моделювання як метод дослідження, показники питомого енергоспоживання).

Розділ 2 - Загальна характеристика досліджуваного об'єкту, основні показники та режими функціонування (загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження, опис дійсного стану будівлі, обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта, існуючі тарифи на енергоносії і воду).

Розділ 3 - Аналіз показників фактичного енергетичного стану будівлі та її систем енергоспоживання (аналіз теплоспоживання, аналіз водоспоживання, аналіз споживання електричної енергії).

Розділ 4 - Основні заходи, спрямовані на підвищення ефективності споживання енергоресурсів та енергії у будівлі (встановлення рекуператорів теплоти в систему вентиляції, утеплення даху, заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні).

Розділ 5 - Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях (аналіз небезпечних і шкідливих факторів досліджуваного об'єкту, техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті)

Висновки

5 Консультанти з проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Васькін Р.А.		

6 Дата видачі завдання 21.09.2020 р.

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 21.09 до 18.10.2020	
2	Захист переддипломної практики	до 30.10.2020	
3	Виконання 1-го розділу	до 10.11.2020	
4	Виконання 2-го розділу	до 16.11.2020	
5	Виконання 3-го розділу	до 23.11.2020	
6	Виконання 4-го розділу	до 29.11.2020	
7	Виконання 5-го розділу	до 04.12.2020	
8	Представлення виконаної роботи	до 07.12.2020	
9	Проходження перевірки на плагіат	до 11.12.2020	
10	Проведення захисту роботи	з 14.12 до 24.12.2020	
11			

Студент-магістр

_____ (підпис)

Керівник випускної роботи

_____ (підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 123 с., 9 таблиць, 25 рисунків, 3 додатки, 43 літературних джерела.

Мета роботи: підвищення ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій та розробки заходів щодо підвищення їх теплозахисних властивостей, аналізу фактичного споживання енергоресурсів та енергії, режимів їх споживання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій.

Об'єкт енергообстеження: будівля адміністративно-житлового комплексу з обслуговування людей та її системи енергозабезпечення.

Предмет енергообстеження: енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваних будівлях та приміщеннях, а також у системах енергоспоживання будівлі.

Методи дослідження: інструментальне дослідження, статистичний метод обробки даних, методи числового математичного моделювання енергетичних процесів.

Ключові слова: ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ, ВОДОСПОЖИВАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, РЕКУПЕРАТОР ТЕПЛОТИ, УТЕПЛЕННЯ, СВІТЛОДІОДНА ЛАМПА.

Тема роботи – «Підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі Центру обслуговування пасажирів з використанням відновлюваних джерел енергії».

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	18
1.1 Опис методів та приладів вимірювання.....	18
1.2 Математичне моделювання як метод дослідження.....	30
1.3 Показники питомого енергоспоживання.....	38
Висновки за розділом 1.....	41
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ...	43
2.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження.....	43
2.2 Опис дійсного стану будівлі.....	44
2.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта..	49
2.4 Існуючі тарифи на енергоносії і воду.....	57
Висновки за розділом 2.....	59
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ФАКТИЧНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ БУДІВЛІ ТА ЇЇ СИСТЕМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	60
3.1 Аналіз теплоспоживання.....	61
3.2 Аналіз водоспоживання.....	80
3.3 Аналіз споживання електричної енергії.....	82
Висновки за розділом 3.....	84
РОЗДІЛ 4. ОСНОВНІ ЗАХОДИ, СПРЯМОВАНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ТА ЕНЕРГІЇ У БУДІВЛІ.....	85
4.1 Встановлення рекуператорів теплоти в систему вентиляції.....	88
4.2 Утеплення даху.....	94
4.3 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.....	99
Висновки за розділом 4.....	95
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	103

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів досліджуваного об'єкту...	103
5.2 Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті.....	114
Висновки з розділу 5.....	116
ВИСНОВКИ.....	118
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	120
ДОДАТКИ.....	124

ВСТУП

Енергія сьогодні – це основа забезпечення промислового виробництва, надання послуг в транспортній сфері, функціонування житлово-комунального господарства, створення сприятливих умов для життєдіяльності населення, а енергетика – галузь, що в значній мірі визначає рівень соціально-економічного розвитку країни. Однак, інтенсивне використання енергетичних ресурсів в світовому масштабі призвело до низки екологічних проблем (накопичення викидів вуглекислого газу в атмосфері внаслідок спалювання ресурсів, та, як наслідок, глобальні зміни клімату; затоплення земель та знищення цілих екосистем внаслідок використання гідроенергетики; проблема утилізації відходів роботи атомних електростанцій та катастрофічні наслідки аварій на АЕС та ін.). Крім того, досить гострою є проблема вичерпання енергетичних ресурсів на противагу постійно зростаючому попиту на енергію. Все вищеперераховане створює потужний стимул пошуку можливих шляхів виходу з існуючої ситуації, і забезпечення енергоефективного розвитку є одним із найпростіших та найдешевших таких способів. Значна кількість країн світу розпочала розробку енергоефективних та енергозберігаючих заходів ще в 70-х роках ХХ сторіччя і сьогодні ці країни вже мають значні досягнення в даній сфері (Великобританія, Данія, Німеччина, Швеція, Італія, Норвегія, Японія та ін.). Незважаючи на значний потенціал енергоефективності, Україна лише починає свій шлях енергоефективного розвитку, що дозволить нашій країні забезпечити енергетичну незалежність, покращити технічне забезпечення в галузях промисловості (за рахунок скорочення витрат на енергоресурси), знизити виробничі витрати, підвищити конкурентоспроможність вітчизняної продукції на закордонних ринках, покращити інвестиційну привабливість України тощо. [1]

Сприяння енергоефективності та енергозбереженню в комплексі з розвитком та підтримкою відновлюваної енергетики є міжнародними зобов'язанням України, передбаченим Угодою про партнерство і співробітництво між Україною та Європейським Союзом. Виконання даного

зобов'язання передбачає побудову державної політики в сфері енергоефективності та відновлюваної енергетики на основі принципів, які діють в ЄС та передових країнах світу.

Реалізація заходів стратегії енергозбереження в основному націлена на додаткове нарощування енергетичних потужностей. Одночасно стратегія передбачає «впровадження комплексних програм підвищення енергоефективності для зниження питомого споживання енергоресурсів в економіці на 30-35 % до 2030 року, що істотно зменшить навантаження на економіку, підвищить енергетичну незалежність держави та конкурентоспроможність її ВВП.

Стратегія визначила ряд завдань у сфері розвитку відновлюваної енергетики, наслідком реалізації яких є доведення частки відновної енергетики у структурі електроенергетичних ресурсів до 4,96 %.

Регіональна політика в сфері енергоефективності та відновлюваної енергетики будується відповідно до положень національного законодавства з врахуванням специфіки виробництва та споживання паливно-енергетичних ресурсів в регіоні. Здійснювана в країні децентралізація владних повноважень, що передбачає надання більшої самостійності й відповідальності регіональних та місцевих органів влади, вимагає від них, зокрема, активних дій в сфері енергозабезпечення територій. Це передбачають і підписані Меморандуми про співпрацю Держенергоефективності в сфері енергоефективності та відновлюваної енергетики з органами місцевого самоврядування ряду областей та міст України.

Успішна регіональна політика енергоефективності є основою інтенсивного розвитку економіки регіону та підвищення рівня та якості життя в ньому. В регіонах зосереджується споживання енергоресурсів населенням та виробництвом. Регіональна влада в межах своїх компетенцій впроваджує політику енергоефективності при виконанні конкретних проектів та завдань, особливо пов'язаних зі споживанням енергоресурсів. Механізми впливу на рівень енергоефективності визначається стратегічними, програмними та плановими документами регіону і включають засоби примушування,

заохочування та стимулювання, просвітництва. Ефективність виконання завдань з підвищення енергоефективності регіону відображається системою показників. Їх слід постійно обліковувати, відслідковувати, аналізувати та оприлюднювати для того, щоб і влада і громадянське суспільство разом виробляли рішення по забезпеченню енергоощадливості в регіоні. Регіональна політика в галузі відновлювальної енергетики покликана створити необхідні умови для її розвитку. Конкурентоспроможність регіону визначальним чином залежить від скорочення споживання невідновлювальних ресурсів, відповідно, активного впровадження відновлювальних джерел енергії в економіку регіону. Регіональна політика повинна стимулювати використання відновлювальних джерел енергії суб'єктами господарювання регіону та сприяти залученню інвестицій в дану сферу.

Основними напрямками регіональної політики в контексті виконання взятих на себе зобов'язань України у сфері енергоефективності та відновлювальної енергетики є:

- стимулювання впровадження енергоефективних заходів;
- скорочення та заміщення споживання газу;
- розбудова ринку енергосервісу для проведення термомодернізації будівель бюджетних установ;
- розвиток та здійснення енергомоніторингу;
- стимулювання виробництва тепла та електроенергії з альтернативних джерел енергії;
- покращення інвестиційного клімату для розвитку енергоефективності та відновлювальної енергетики;
- проведення масштабних інформаційно-роз'яснювальних кампаній та комунікаційних заходів.

В роботі вирішується проблема підвищення енергетичної ефективності функціонування систем енергозабезпечення будівель з використанням різних систем їх теплозабезпечення з оцінюванням економічної доцільності їх експлуатації за різних кліматичних умов та інших техніко-економічних факторів.

Основні проблеми енергетичної сфери:

- енергозатратність виробництва, транспортування та споживання енергії в цілому, та у водопровідному господарстві зокрема;
- низька енергоефективність житлового господарства;
- недостатнє використання геотермального потенціалу та потенціалу біомаси;
- низький рівень енергоменеджменту в бюджетних установах області. [2]

Актуальність теми

Раціональне та високоефективне використання енергоносіїв та електричної енергії, диверсифікація джерел отримання енергії для забезпечення життєдіяльності закладів та будівель в яких вони розташовуються є складовою частиною проблеми керування енергоспоживанням.

Проблема енергозбереження на межі тисячоліть перетворилась в одну з найважливіших загальнолюдських проблем. Раціональне та економне використання природних ресурсів, скорочення шкідливих викидів в атмосферу та ефективне використання електричної та теплової енергії набувають виключно важливого значення у сучасному суспільстві.

Україна задовольняє свої потреби в природних енергоресурсах за рахунок власного їх видобутку приблизно на 45 %. У більшості країн світу рівень енергетичної самозабезпеченості такий самий або нижчий.

Проблема полягає в іншому – неприпустимо низькій ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. Енергоємність валового внутрішнього продукту (далі – ВВП) в Україні в 3-5 разів вища, ніж в економічно-розвинених державах. Цей показник в нашій державі становить 0,93 кг у.п./дол. США, для порівняння – у Австрії дорівнює 0,21 кг у.п./дол., середній показник у світі – 0,39 кг у.п./дол. США. Така ситуація є слідством деформованої структури виробництва та енергоспоживання, використання застарілих виробничих енергетичних фондів, повільного впровадження енергозберігаючих заходів та технологій, а також ряду інших причин. Крім того,

слід зазначити неякісність нормативно-правової бази у цій сфері.

Необхідність підвищення рівня енергетичної безпеки є одним з головних завдань нашої держави на сучасному етапі її соціально-економічного розвитку.

В умовах значної залежності економіки України від імпорту енергоносіїв цей напрям державної економічної політики є не менш важливим, ніж збільшення обсягів власного видобутку (виробництва) енергетичних ресурсів. Енергозбереження є не тільки вирішальним, але й найдешевшим джерелом задоволення потреб господарського комплексу в енергоносіях, адже питомі капітальні витрати в енергозбереження значно нижчі від витрат у збільшення видобутку та виробництва енергоносіїв.

Енергозбереження – заходи, спрямовані на заощадження теплової та електричної енергії, а також використання альтернативних джерел енергії. Використовуючи різні джерела енергії та технології, можна по-різному досягати корисного ефекту (зменшення втрат енергії при її перетворенні та зниження негативного впливу споживання енергії на довкілля).

Дослідження магістерської роботи спрямовані на вдосконалення технологій енергозабезпечення будівель з одночасним зменшенням нераціонального споживання енергоносіїв та енергії і наразі є актуальними. [3]

Отже, проблеми енергозбереження на етапі розбудови вітчизняної економіки та забезпечення сталого розвитку є пріоритетними та актуальними. Окремо треба зазначити проблеми житлово-комунального господарства.

Структура житлово-комунального господарства міст та селищ в Україні здебільшого є нераціональною та неефективною. При цьому, найбільш проблемною є сфера централізованого опалення населених пунктів. До основних проблем можна віднести:

- застарілість магістрального обладнання, яке потребує значних коштів на його оновлення;

- велику довжину транспортного плеча, яка призводить до втрат тепла в процесі його постачання, знижує коефіцієнт корисної дії системи (ККД) і не дозволяє забезпечити належну якість опалення;

- економічна необґрунтованість існуючих тарифів на даний вид послуг, які

не забезпечують належного рівня консолідації матеріальних та фінансових ресурсів для утримання існуючої системи та її модернізації.

Неефективність системи призводить до марнотратства при використанні паливно-енергетичних ресурсів (витрати палива для виробництва тепла на душу населення в період опалення в Україні набагато вище, ніж в розвинених країнах світу, котрі вже багато років проводять активну політику енергозбереження).

Енергозбереження на сучасному етапі – це не просто бережне використання енергії і палива, а технічна політика, яка потребує наукового погляду на техніку генерування, розподілу та використання енергії, що існує, і, отже, на увесь технологічний базис сучасного суспільного виробництва з позицій найбільш раціонального використання енергії, праці, основних фондів, сировини та матеріалів для виробництва тепла.

Задача енергозбереження сьогодні – одна з самих актуальних і має не тільки місцевий, а загальнодержавний характер. В сучасних умовах виробництва тепла не існує можливості використовувати енергозберігаючі технології. Тому є негайна потреба в реформуванні житлово-комунального господарства та створення альтернативної системи автономного опалення та гарячого водопостачання на основі інновацій в енергозбереженні. Створення умов здорової конкуренції в даному секторі призведе до покращення якості послуг, та зниження тарифів. [4]

Зв'язок роботи з науковими програмами

Магістерська робота виконана у відповідності до тематики робіт кафедри прикладної гідроаеромеханіки щодо підвищення енергоефективності технологічних процесів, що застосовуються у житлово-комунальному господарстві країни, галузях промисловості та електроенергетики, які виконуються на замовлення Замовників.

Комплексна державна програма енергозбереження (КДПЕ) України має метою на основі аналізу існуючого стану та прогнозів розвитку економіки розробити основні напрямки державної політики енергозбереження, що

передбачає створення нормативно-правової бази енергозбереження, формування сприятливого економічного середовища, створення цілісної та ефективної системи державного управління енергозбереженням.

Стратегічною метою державної політики енергозбереження є вихід України в перспективі на рівень передових держав з ринковою економікою щодо енергоємності як валового внутрішнього продукту, так і окремих видів продукції, робіт та послуг. Досягнення цієї мети забезпечить зростання конкурентоспроможності української економіки на світовому ринку та її динамічний розвиток, а також зменшення до мінімально можливого рівня імпорту енергоресурсів.

Головними завданнями КДПЕ є визначення загального існуючого та перспективного потенціалу енергозбереження, розробка основних напрямків його реалізації в матеріальному виробництві та сфері послуг, створення програми першочергових та перспективних заходів і завдань з підвищення енергоефективності та освоєння практичного потенціалу енергозбереження.

Важливим результатом цієї розробки є визначення джерел, механізмів фінансування та інвестицій в енергоефективність і енергозбереження.

В Програмі сформульовані і висвітлені також проблеми освіти, популяризації та навчання в сфері енергоефективності, а також наукові та методологічні основи її супроводження, зв'язок КДПЕ з іншими національними та державними програмами.

КДПЕ є цільовою програмою, що призначена для практичного використання на підприємствах, в господарствах, на місцевому, галузевому та державному рівнях. Вона містить конкретні, найважливіші енергозберігаючі заходи, котрі дають значний енергозберігаючий та народногосподарський ефект.

Програма цих заходів створена на основі пропозицій міністерств, відомств та регіонів, яким на стадії підготовки матеріалів Програми було запропоновано підготувати галузеві та регіональні розробки для включення їх до КДПЕ. До розробки КДПЕ досить широко були залучені галузеві фахівці. Тому КДПЕ фактично є узгодженою програмою практичних дій та заходів у сфері

енергоефективності та енергозбереження, котрі відповідають інтересам більшості підприємств та господарств, усіх галузей та держави в цілому.

КДПЕ доведена до такого рівня конкретності та деталізації, коли її розробки можуть бути використані на всіх ієрархічних рівнях /підприємство – галузь – країна / для практичної діяльності як в найближчій, так і в подальшій перспективі.

Розробки по створенню системи державного управління енергозбереженням, його нормативно-правової бази, по формуванню економічного середовища, сприятливого для підвищення енергоефективності та енергозбереження, фактично створюють підґрунтя і формують основи економічних механізмів в цій новій, важливій області.

Ці розробки виконані таким чином, що на їх основі можуть бути створені та сформульовані серії відповідних законів та підзаконних актів, в тому числі й такі, що необхідні для реалізації та функціонування Закону про енергозбереження.

КДПЕ закладає основи освіти, навчання та підготовки кадрів з енергоефективності та енергозбереження, популяризації знань в цій області. [5]

Мета і задачі дослідження

Метою проведених досліджень є підвищення ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій та розробки заходів щодо підвищення їх теплозахисних властивостей, аналізу фактичного споживання енергоресурсів та енергії, режимів їх споживання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій з використанням у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Поставлені задачі дослідження:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- проведення аналізу режимів експлуатації будівлі;
- визначення питомих величин фактичного енергоспоживання системами будівлі;
- порівняння показників фактичного енергоспоживання з нормованими;
- визначення основних напрямків можливої модернізації огорожуючих конструкцій та систем енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- розробка варіантів модернізації систем будівлі;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів;
- створення реєстру енергозберігаючих заходів;
- визначення порядку їх впровадження.

Об'єктом дослідження є будівля адміністративно-житлового комплексу з обслуговування людей та її системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження в роботі є енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваних будівлях та приміщеннях, а також у системах енергоспоживання будівлі.

Методи дослідження. Аналіз енергетичних процесів ґрунтується на базі методів інструментального дослідження, статистичних методах обробки даних, методах числового математичного моделювання енергетичних процесів.

Новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- отримані нові статистичні дані щодо енергоспоживання будівлями у залежності від умов їх експлуатації та змінних кліматичних параметрів навколишнього середовища;

- проведено математичне моделювання умов функціонування системи теплоспоживання будівлі;

- запропоновано уточнену методику розрахунку теплового стану будівлі;

- запропоновано та обраховано декілька альтернативних варіантів енергозабезпечення будівлі;

- запропоновано алгоритм вибору варіантів енергозабезпечення будівлі у залежності від можливих об'ємів використання альтернативних видів енергії та їх вартісних показників використання на поточний момент часу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

- запропоновано уточнену методику оцінювання технічного стану будівлі, яка дозволяє визначати базове енергоспоживання будівлею та системами її енергозабезпечення;

- запропоновано уточнену структуру показників оцінювання доцільності застосування різних варіантів енергоносіїв для енергозабезпечення існуючих будівель;

- запропоновано уточнений алгоритм системи моніторингу та прогнозування енергоспоживання будівлею;

Особистий внесок магістранта (автора). Автором зібрано статистичні вихідні дані щодо функціонування систем енергоспоживання будівлі. Проаналізовано режими енергоспоживання, Визначено питомі величини показників енергоспоживання. Проведено порівняльний аналіз режимів енергоспоживання та витрати енергоресурсів з чинними в Україні нормативними показниками. Розроблено математичні моделі функціонування систем енергоспоживання будівель. Розроблено енергозберігаючі заходи щодо раціоналізації енергоспоживання у відповідності до режимів функціонування будівель та змінних кліматичних умов.

Виконано необхідні економічні розрахунки. Зроблено висновки за результатами проведеної роботи.

Структура та обсяг магістерської роботи. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури та трьох додатків. Загальний обсяг роботи складає 123 сторінок тексту, 25 рисунків, 9 таблиць.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз енергетичного стану будівель (приміщень), факторів, що на нього впливають, аналіз стану енергетичних процесів, який проведено у процесі виконання роботи ґрунтується на базі методів інструментального дослідження, статистичних методів обробки даних, методів числового математичного моделювання енергетичних процесів.

При проведенні енергетичного аудиту системи енергопостачання основними вимірюваними параметрами є температура, лінійні розміри будівлі та мереж. Найчастіше на практиці для вимірювання температури використовуються термометри та пірометри, а для вимірювання лінійних розмірів – рулетка та штангенциркуль.

1.1 Опис методів та приладів вимірювання

1.1.1 Пірометри

Пірометри застосовуються для вимірювання температури тіл у діапазоні від мінус 30 до плюс 6000°C. Дія цих приладів заснована на залежності теплового випромінювання нагрітих тілі від їх температури і фізико-хімічних властивостей. На відміну від термометрів первинний перетворювач пірометра не підпадає під вплив високої температури і не змінює температурне поле, тому що перебуває поза вимірювальним середовищем.

При аудиті системи опалення, зокрема вимірюванні температури теплоносія та робочих поверхонь приміщення, був використаний пірометр MiniTemp MT2 фірми Raytek.

Технічні характеристики лазерного пірометра приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики лазерного пірометра MiniTemp

Параметр	Значення
1	2
Коефіцієнт випромінювання	0,95
Наявність лазера (клас II)	Точковий цілевказівник
Збереження інформації на дисплеї	7 с
Параметр	Значення
Підсвічування екрану	Автоматичне
Оптичне розрішення D:S	1:6
Допустима відстань	До 100 см
Діапазон вимірювань	Від -18 °C до +275 °C
Точність, %	±2
Час спрацювання, мсек	500
Робоча температура, °C	0...50
Живлення	9В (батарейка або акумулятор)
Розміри, мм	152x101x38
Вага, кг	0,227

Зображення лазерного пірометра MiniTemp подане на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Лазерний пірометр MiniTemp

Сфери застосування лазерного пірометра MiniTemp:

– обслуговування автомобілів: несправність мотора, діагностика системи охолодження;

– система опалювання, вентиляції і кондиціонування: температурний баланс приміщення, обстеження подаючих і поворотних регістрів, робота систем опалювання, енергоаудит і ізоляція вікон;

– обслуговування електромереж і щитів: виявлення перегріву кабелів і з'єднань дротів;

– харчова промисловість: визначення температури зберігання, транспортування і продажу продуктів харчування, профілактика і діагностика холодильних камер, духових печей, кухонних плит і посудомийних машин.

Пірометр дуже простий в використанні завдяки лазерному прицілу та дисплею, розташованому на рукоятці пірометра, що показує значення температури даного об'єкта [6].

1.1.2 Термогігрометр

Термогігрометр – прилад для вимірювання температури та вологості повітря, температури точки роси.

Основні технічні характеристики вимірювача Testo 605-N1 наведено у таблиці 1.2, а зовнішній вигляд – на рис. 1.2.

Таблиця 1.2– Основні технічні характеристики вимірювача Testo 605-N1

Параметр	Величина
Діапазон вимірювань	Від -20 до +70 °C
Похибка вимірювань	±0,5
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °C
Довжина зонда	125 мм
Діаметр зонда:	
- в основі	16 мм
- біля чутливого елемента	12 мм
Джерело живлення та його ресурс	3 батарейки типу CR 2032, 200 годин (750 вимірів по 2 хв.)



Рисунок 1.2– Термогігрометр Testo 605-N1 [7]

1.1.3 Вимірювальна рулетка

Вимірювальна рулетка служить для визначення геометричних розмірів приміщень. Являє собою металеву стрічку з поділками, яка намотана на катушку, що знаходиться в корпусі. Корпус має механізм для змотування. Межа вимірювання приладу складає 5 м, похибка ± 1 мм. Вимірювальна рулетка зображена на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Вимірювальна рулетка

Рулетки зі зворотною пружиною як правило оснащені стопором, який запобігає самовільному змотуванню стрічки. На вільному кінці стрічки такі рулетки містять міцно закріплений зачіп, який не дозволяє кінця стрічки

безповоротно піти в середину корпусу і слугує для точного суміщення початку стрічки і ребра обміряє предмета [8].

1.1.5 Штангенциркуль

Штангенциркуль – один з найпопулярніших засобів вимірювань. Це універсальний вимірювальний інструмент, що дозволяє виконати вимірювання набагато точніше, ніж за допомогою лінійки або рулетки.

Штангенциркулі призначені для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів до 125 мм, з точністю до 0,1 мм, а так само для вимірювання канавок на зовнішніх і внутрішніх поверхнях, відстаней між отворами малих діаметрів і стінок труб. Штангенциркуль ШЦ-1-125 мм зображений на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Штангенциркуль ШЦ-1-125 мм

Конструктивно складаються з вимірювальної штанги з нерухомими губками і переміщається по ній рамки з рухомими губками. На рамці розташований ноніус (додаткова шкала).

Інструмент не можна класти на нагрівальні прилади і тримати на сонці. Вимірювання слід виконувати чистими і сухими руками. Вимірюючи деталь, не можна допускати перекосу губок штангенциркуля. Положення їх обов'язково

фіксується стопорним гвинтом. Читаючи покази штангенциркуля, треба тримати його прямо перед очима. Губки штангенциркуля мають гострі кінці, тому при користуванні потрібно дотримуватися обережності.

За допомогою штангенциркуля виконувалися вимірювання зовнішніх діаметрів водяних трубопроводів подачі гарячої та холодної води. Їх величини склали від 37 мм до 22 мм, що відповідає трубам з умовним діаметром $1\frac{1}{4}$ " (32 мм) та $\frac{1}{2}$ " (15 мм). Більші значення діаметрів відповідають основній розводці труб до місць відведень на місця відбору води, а менші – місцям відбору води. При чому діаметри труб гарячої та холодної води у відповідних місцях співпадають. Труби, розміри яких вимірювалися, вкриті багаторазовим шаром фарби, що враховувалося при вимірюванні дійсної величини їх діаметра.

Рулеткою виконувалися вимірювання довжин труб гарячого та холодного водопостачання з урахуванням довжин труби, прихованих у перегородках будівлі.

Вимірювання – це визначення ФВ дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Вимірювання, як правило, здійснюються на природних і штучних об'єктах вимірювань (ОВ).

ОВ – це явище або процес, який характеризується окремими параметрами ФВ, кожна з цих ФВ може бути виміряна окремо. ФВ, яка вибрана для вимірювання, називається вимірюваною величиною.

Процес вимірювання ФВ передбачає три етапи:

- підготовку;
- виконання вимірювання або вимірювального експерименту;
- обробку результатів вимірювання.

Засобом вимірювання (ЗВ) називається технічний засіб, що має нормовані технологічні характеристики.

Розмір ФВ існує реально X , а числове значення A залежить від вибору одиниці ФВ $[x]$.

Розрізняють істинне і дійсне значення ФВ.

Істинне значення ФВ – це те значення X_i , що ідеально відображає об'єкт вимірювання, дійсне значення – це виміряне, знайдене експериментально,

близьке до істинного, що використовується замість нього. Істинне значення є недосяжним.

Засіб вимірювання видає вимірювальну інформацію у вигляді деякого сигналу. У процесі вимірювання на засіб вимірювання, об'єкт вимірювання і на оператора впливають різні зовнішні чинники (фізичні величини). Вимірювання виконуються на основі фізичних явищ, що визначають принцип вимірювання.

Метод вимірювання – сукупність прийомів і правил використання принципів і засобів вимірювань.

Недосконалість виготовлення засобів вимірювання, неточність їх градування, вплив зовнішніх фізичних чинників (температури, відносної вологості, електромагнітного імпульсу, вібрації тощо), суб'єктивні помилки оператора і ряд інших чинників зумовлюють неминуче виникнення похибок.

За залежністю вимірюваної величини від часу розрізняють статичні та динамічні вимірювання.

Статичні вимірювання – вимірювана величина залишається сталою у часі.

За умовами, що визначають точність результату, вимірювання поділяють на вимірювання максимально можливої точності, контрольно-перевірні та технічні вимірювання.

Технічні вимірювання – їх похибки визначаються характеристиками засобів вимірювання.

Технічні вимірювання найбільш поширені, виконуються в усіх галузях господарства і науки.

За кількістю спостережень (дослідів) вимірювання поділяють на звичайні і статистичні.

Під спостереженням при вимірюванні розуміють експериментальну операцію вимірювання, у результаті якої отримують одне значення ФВ.

За способом отримання результату вимірювання бувають прямі, непрямі, сукупні та спільні.

Прямими називаються вимірювання, при яких шукані значення знаходять безпосередньо за показами приладів: $X = A[x]$.

Непрямими називаються вимірювання, при яких шукані значення знаходять на підставі відомої залежності між цією величиною і величинами, що піддаються прямим вимірюванням: $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_j, \dots, X_m)$.

Сукупними називають вимірювання, які виконуються одночасно для декількох однойменних величин, при яких шукані значення величини знаходять розв'язанням системи рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 F_1(X_1, X_2, \dots, X_n; Y_1, Y_2, \dots, Y_m; k_{11}, k_{12}, \dots, k_{1j}, \dots, k_{1m}) = 0; \\
 F_2(X_1, X_2, \dots, X_n; Y_1, Y_2, \dots, Y_m; k_{21}, k_{22}, \dots, k_{2j}, \dots, k_{2m}) = 0; \\
 \dots \\
 F_i(X_1, X_2, \dots, X_n; Y_1, Y_2, \dots, Y_m; k_{i1}, k_{i2}, \dots, k_{ij}, \dots, k_{im}) = 0; \\
 \dots \\
 F_n(X_1, X_2, \dots, X_n; Y_1, Y_2, \dots, Y_m; k_{n1}, k_{n2}, \dots, k_{nj}, \dots, k_{nm}) = 0,
 \end{array} \right. \quad (1.1)$$

де k_{ij} – відомі величини; Y_1, Y_2, \dots, Y_m – однойменні величини, значення яких є шуканими; X_1, X_2, \dots, X_n – результати прямих вимірювань.

Спільними називають такі вимірювання, що одночасно виконуються для двох або декількох неоднойменних величин з метою знаходження залежності між ними. Вони описуються аналогічною системою рівнянь, за винятком того, що Y_i – неоднойменні величини. Метою спільного вимірювання є визначення функціональної залежності між величинами Y_i .

Крім того, вимірювання можна розділяти залежно від місця проведення – лабораторні і промислові, модельні і натурні, часу – безперервні і періодичні тощо.

Методи прямих вимірювань є загальними для всіх видів вимірювань. Їх класифікація показана на рис. 1.5.

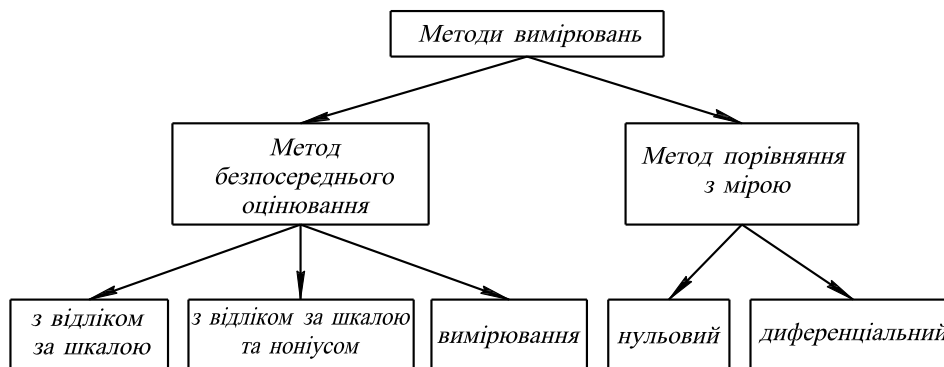


Рисунок 1.5 – Класифікація методів вимірювань

Метод безпосереднього оцінювання – метод вимірювання, в якому значення ФВ визначають безпосередньо за відліковим пристроєм вимірювального приладу прямої дії.

Метод порівняння з мірою – метод вимірювання, в якому вимірювану величину порівнюють із величиною, відтвореною мірою.

Нульовий метод – це метод порівняння з мірою, в якому результуючий ефект дії на порівнюючий елемент приладу вимірювання (компаратор) доводять до нуля.

Диференціальний метод – це метод порівняння з мірою, в якому на вимірювальний прилад впливає різниця між вимірюваною величиною і відомою, відтвореною мірою.

Через те, що істинне значення ФВ завжди залишається невідомим, тому і істинне значення похибки також не можна визначити. Для наближеного оцінювання похибки використовують поняття дійсного значення ФВ X_0 , яке знаходять точнішими методами і засобами. Отриману оцінку похибки $\Delta X = X_{вим} - X_0$ залежно від причин виникнення, характеру й умов прояву виражають сумою двох складових: випадкової ψ і систематичної θ похибок вимірювань: $\Delta = \psi + \theta$ (рис. 1.6).

Випадкова похибка вимірювання – складова похибки вимірювання, що змінюється випадковим чином при повторних вимірюваннях однієї й тієї самої величини.

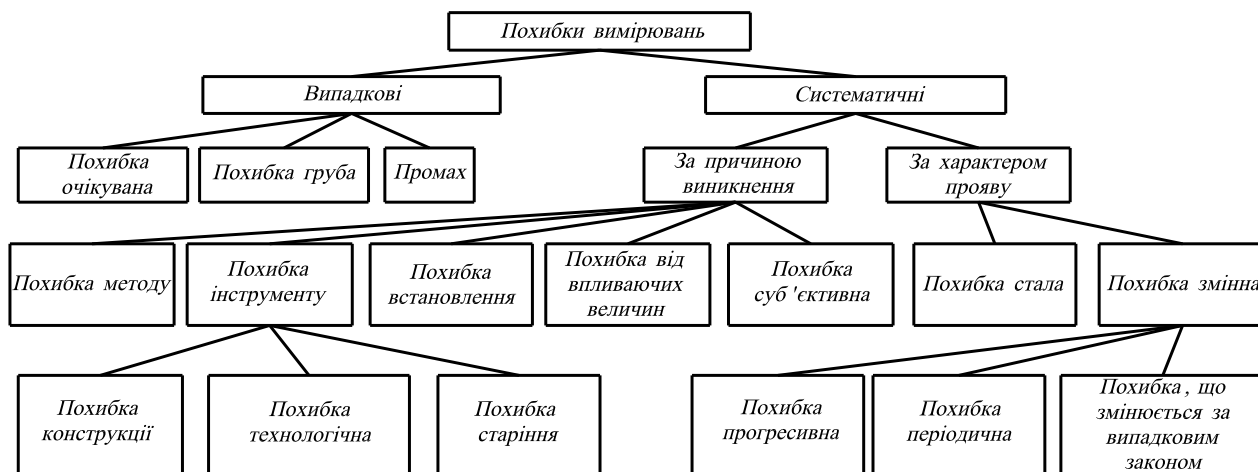


Рисунок 1.6 – Класифікація похибок вимірювань

Випадкова похибка не може бути виключена з результату вимірювань. Проте проведенням ряду повторних вимірювань і використанням для їх обробки методів математичної статистики визначають значення вимірюваної величини із випадковою похибкою, меншою, ніж для виконаного вимірювання.

При приблизно однаковому рівні інтенсивності впливу чинників, що діють, знаходять очікувану похибку.

Грубою похибкою називають похибку вимірювання, що істотно перевищує очікувану за даних умов. Причина цього – несправність засобів вимірювання, різка зміна умов вимірювань і вплив зовнішніх фізичних факторів.

Промак – це похибка вимірювання, яка явно і різко спотворює результати вимірювань. Промак є випадковою суб'єктивною помилкою оператора.

Грубі помилки і промахи виключаються з експериментальних даних, що підлягають обробці.

Окремі значення випадкової похибки передбачити неможливо, проте їх сукупність підкоряється імовірнісним закономірностям. Для кількісного оцінювання можливості появи випадкової похибки (ψ) вводиться поняття імовірності (результат достовірний, якщо $P = 1,0$, результат неможливий, якщо $P = 0$).

Зв'язок між значеннями випадкової величини і відповідною їм густиною імовірності виражається диференціальними законами розподілу випадкової величини. Найбільш поширеним при вимірюваннях є нормальний закон розподілу (рис. 1.7).

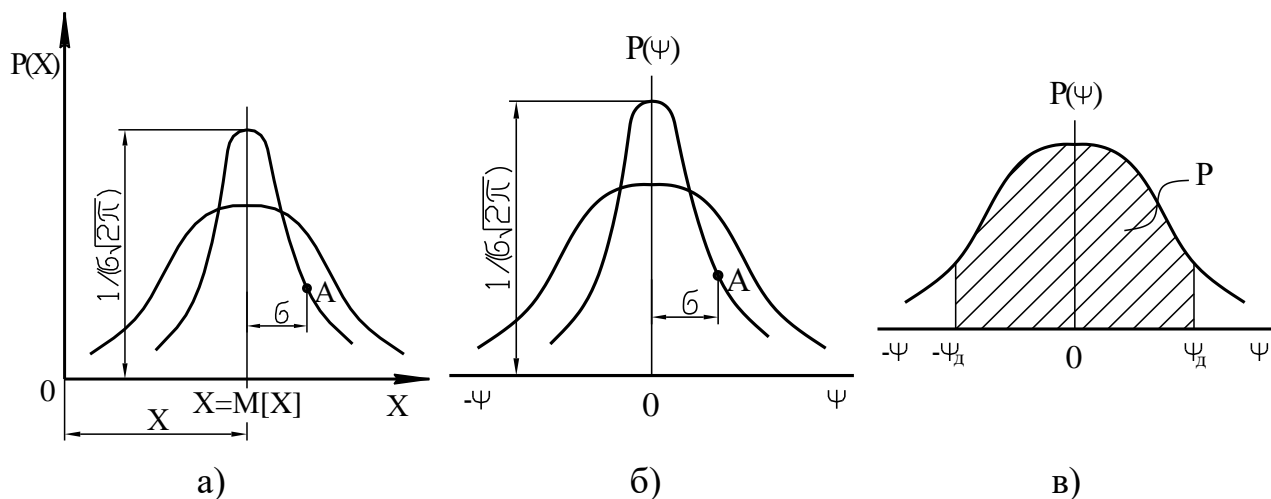


Рисунок 1.7 – Диференціальні закони розподілу:

$$\text{а) } P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-M[X])^2}{2\sigma^2}} ; X = M[X] \neq 0; \text{ б) } P(\psi) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\psi^2}{2\sigma^2}} ; X = M[X] \Rightarrow 0; \text{ в) }$$

$$P(\psi) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\psi_d}^{\psi_d} e^{-0.5(\psi/\sigma)^2} d\psi ; \psi = X - M[X]$$

Тут $M[X]$ – математичне сподівання випадкової величини (найбільш достовірне значення);

σ – середньоквадратичне відхилення;

A – точка перегину кривої розподілу;

P – імовірність потрапляння результату вимірювання або випадкові похибки в деякому наперед заданому інтервалі від $-\psi_d$ до $+\psi_d$.

Інтеграл не має аналітичного розв'язку, тому наводяться табличні значення функції Лапласа. Частіше розв'язується зворотна задача у визначенні довірчого інтервалу. Інтервал із межами $[-\psi_d; \psi_d]$ називають довірчим. Імовірність P_d , яка відповідає довірчому інтервалу, також називають довірчою. Дійсне значення вимірюваної величини входить до довірчого інтервалу.

Наприклад, при $P_d = 0,5$ – шанси імовірнісної похибки 1:1, а довірчий інтервал складає $\pm 2/3\sigma$;

при $P_d = 0,95$ – шанси імовірнісної похибки 20:1, а довірчий інтервал $\pm 2\sigma$; тобто 5% похибок більше 2σ , або матимемо 1 промах із 20 вимірювань;

при $P_D = 0,9973$ – довірчий інтервал складає $\pm 3\sigma$, практично всі похибки підлягають цьому інтервалу. На застосуванні цієї довірчої імовірності засноване правило «трьох сигм» для визначення грубих похибок та промахів.

Інші розподіли при вимірюваннях наведені на рис. 1.8.

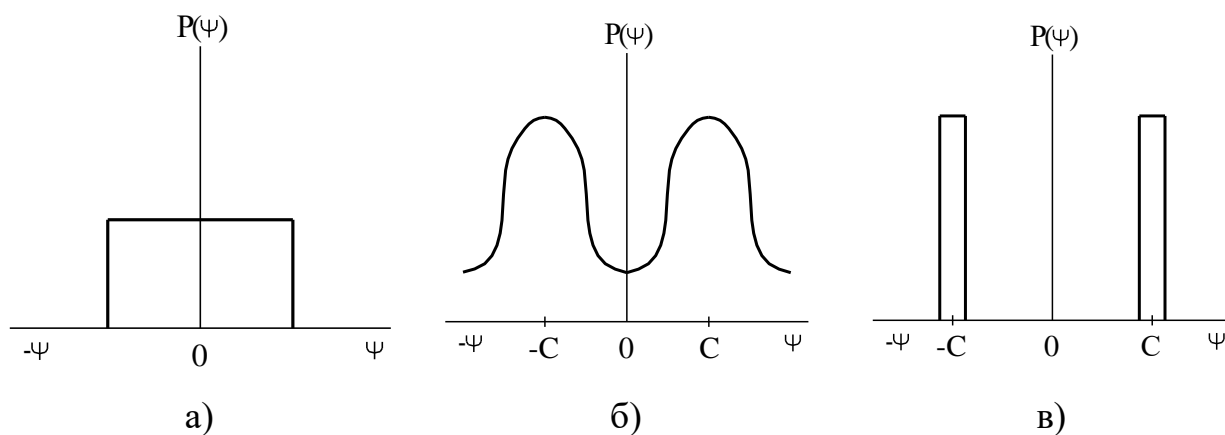


Рисунок 1.8 – Види законів розподілу:

а) рівномірний; б) двомодальний; в) дискретний

Систематична похибка – складова похибки вимірювання, що залишається сталою або закономірно змінюється при повторних вимірюваннях. Виявлену і оцінену похибку виключають із результату шляхом введення поправкового коефіцієнта.

Причини виникнення систематичної похибки за відповідними складовими подані нижче.

Похибка методу – недосконалість принципу вимірювання, недостатнє вивчення фізичного явища, на основі якого виконують вимірювання.

Інструментальна похибка – це похибка засобів вимірювання (вимірювальних приладів і мір), обумовлена причинами, пов'язаними з конструкцією приладу, якістю його виготовлення, властивостями застосовуваних матеріалів, старанністю регулювання тощо.

Похибка встановлення – неправильність встановлення засобів вимірювання.

Похибка від впливу величини – виникає від впливу теплових і повітряних потоків, магнітних, електричних, гравітаційних та інших полів, зміни атмосферного тиску, вологості, опромінення тощо.

Суб'єктивна похибка – неправильні навички оператора, помилки відліку десятих за шкалою тощо. [9]

1.2 Математичне моделювання як метод дослідження

Математичне моделювання є методом дослідження технічних систем шляхом побудови їх математичних моделей із подальшим аналізом та дослідженням цих моделей. Разом із тим використання сучасних мов програмування, персональних комп'ютерів та інформаційних технологій значно розширило можливості математичного моделювання. Тому можна виділити три типові способи організації процесу математичного моделювання. Перший – «традиційний», який ґрунтується на побудові математичної моделі з подальшим її аналізом та аналітичним дослідженням. Для технічних систем, простих за структурою і процесом функціонування, побудова математичної моделі з подальшим її дослідженням є достатньою умовою для отримання результатів моделювання. Дослідник, під час аналізу моделі, у кожному ітераційному циклі порівнює показники отриманої моделі з їх допустимими значеннями. За умови невиконання обмежень вибираються нові параметри та коригується модель, після чого цикл дослідження повторюється. Схема «традиційного» математичного моделювання матиме вигляд (рис. 1.9).

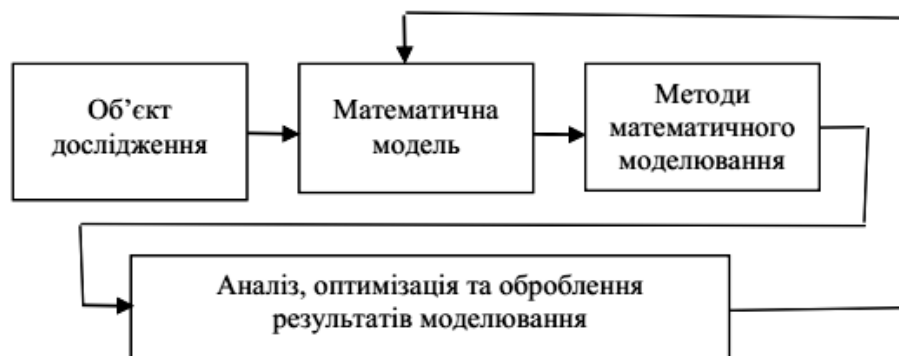


Рисунок 1.9 – Загальна схема процесу «традиційного» математичного моделювання

Процес моделювання за цією схемою реалізується для тих технічних систем, для яких були відомі основні закони їх функціонування та які зберігаються під

час переходу від моделі до реального об'єкта моделювання. Ці закони (знання) дозволяють апріорно задати типовий клас моделей, що використовуються, та звести завдання дослідження до знаходження параметрів моделі за експериментальними даними. Принципова зміна схеми організації процесу математичного моделювання відбувається при переході до аналізу (дослідження) технічної системи для малодосліджених об'єктів, де сама структура і клас моделей можуть і повинні уточнюватися під час дослідження. При цьому структура математичної моделі не може бути задана апріорі, а тому й не може використовуватись існуючий типовий клас моделей або пакет прикладних програм.

Тому другим типовим способом організації процесу математичного моделювання вважатимемо спосіб, за якого дослідник, попри наявність великого арсеналу математичних алгоритмів та прикладних програм, самостійно розробляє комп'ютерні програми.

Для цього він повинен знати мову програмування, мати навички програмування, проектувати структуру програми, а також програмувати, тестувати й налагоджувати програми. Схему типового способу організації математичного моделювання з використанням комп'ютера як інструментального засобу наведено на рис. 1.10.

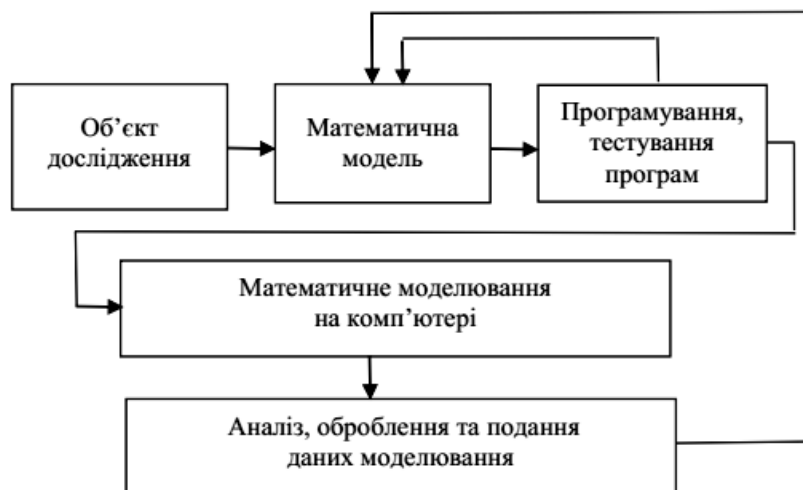


Рисунок 1.10 – Загальна схема процесу математичного моделювання з використанням комп'ютера

Дослідник у процесі математичного моделювання може використовувати сучасні інформаційні технології для проведення багатоваріантних досліджень, що залежать від різних управляючих чинників та впливу чинників навколишнього середовища. З алгоритмічного погляду організація моделювання – це процес математичного оброблення вихідних даних для отримання певного набору результатів. Процес дослідження складних динамічних об’єктів (зміна стану та просторового положення в часі) може потребувати проведення багато параметричних та ітераційних (що повторюються) розрахунків за незмінного вигляду отриманих математичних моделей. Саме для таких розрахунків розроблено велику кількість пакетів прикладних програм математичного моделювання та розрахункових САЕ-систем.

Істотною особливістю таких пакетів прикладних програм та систем є те, що в них більшість або всі допоміжні параметри математичних моделей можуть бути без (або ж принципово не мають) фізичної інтерпретації. Третій типовий спосіб організації процесу математичного моделювання з використанням пакетів прикладних програм та САЕ-систем ілюструє рис. 1.11.

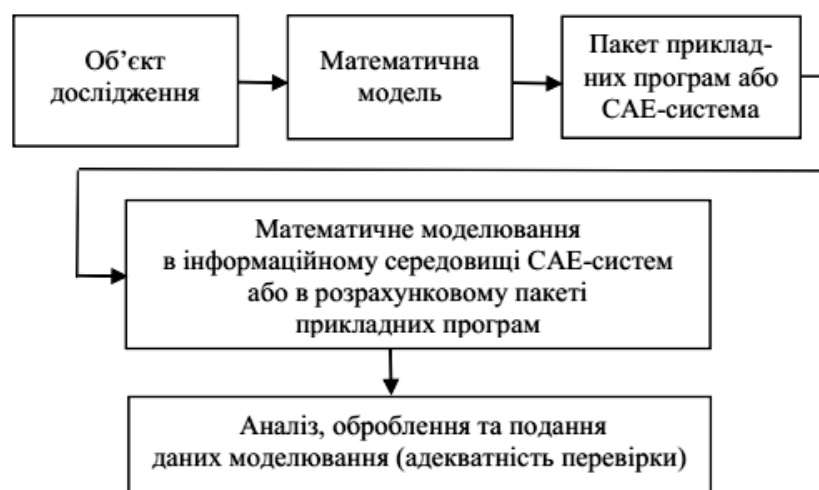


Рисунок 1.11 – Загальна схема процесу математичного моделювання з використанням розрахункових комп’ютерних програм або САЕ-систем

Наведені схеми організації процесу математичного моделювання є узагальненими і не містять всієї сукупності можливих дій дослідника. [10]

ANSYS – універсальна програмна система кінцево-елементного (МСЕ) аналізу, існуюча і розвивається на протязі останніх 30 років, є досить популярною у фахівців в сфері автоматизованих інженерних розрахунків (САПР, або САЕ) і КЕ рішення лінійних і нелінійних, стаціонарних і нестаціонарних просторових задач механіки деформованого твердого тіла і механіки конструкцій (включаючи нестаціонарні геометрично і фізично нелінійні задачі контактної взаємодії елементів конструкцій), завдань механіки рідини і газу, теплопередачі і теплообміну, електродинаміки, акустики, а також механіки зв'язаних полів. Також ANSYS займається перспективним бізнесом, створюючи інструменти візуалізації для динамічного сегмента 3D-друку. Рішення ANSYS дозволяють проектувати вироби для тривимірного друку з різних матеріалів, включаючи лазерний друк SLM з дрібнодисперсних металевих порошків. В даний час рішення ANSYS охоплюють практично всі сегменти інженерної галузі: від важкого машинобудування, оборонної промисловості та аерокосмічної техніки до мікроелектроніки, медицини і симуляторів для тестування ПО. Моделювання та аналіз в деяких областях промисловості дозволяє уникнути дорогих і тривалих циклів розробки типу «проектування – виготовлення – випробування». Система працює на основі геометричного ядра Parasolid. Програмна система КЕ аналізу ANSYS розробляється американською компанією Ansys inc. Пропоновані фірмою ANSYS Inc. засоби чисельного моделювання та аналізу сумісні з деякими іншими пакетами, зокрема система ANSYS сполучається з CAD-системами NX, CATIA, Pro / ENGINEER, SolidEdge, SolidWorks, Autodesk Inventor і деякими іншими.

Модулі підготовки геометрії, що працюють під програмною платформою Workbench: ANSYS DesignModeler. DesignModeler – універсальний CAD-редактор, в якому можуть створюватися геометричні моделі об'єктів, проводитися їх розбиття і спрощення. Як і в інших редакторах, в DesignModeler підтримуються всі логічні операції (віднімання, об'єднання) при роботі з твердими тілами, операції видавлювання (extrude), обертання (revolve),

протягування (sweep) і ін. При роботі з ескізами (кривими). Є процедури створення фасок і галтелів на гранях твердого тіла, в комплекс вбудовані готові геометричні примітиви стандартних тривимірних фігур: сфера, тор, циліндр, куб тощо. У своїй основі редактор має ядро Parasolid, яке дозволяє створювати, редагувати і параметризувати геометричні моделі об'єктів. Процес моделювання відображається в деревовидній схемі проекту. Редактор є модулем програми Workbench, який має зв'язки з усіма основними CAD-системами, що забезпечують просту передачу геометрії і параметрів. Параметри в процесі роботи можна змінювати, оновлюючи модель.

ANSYS Meshing. Одним з обов'язкових етапів моделювання є створення сітки. Якість сіткової моделі впливає на точність, збіжність і швидкість отримання рішення.

ANSYS Meshing дозволяє генерувати сіткові моделі для різних типів аналізу (практично всі галузі фізики). Кожний із сіткових методів задовольняє специфічні вимоги тієї чи іншої області (механіка деформування твердих тіл, динаміка текучих середовищ, електромагнетизм та ін.), дозволяє використовувати спрощену постановку задачі (оболонкові, двовимірні і балкові моделі).

ANSYS Meshing – це багатофункціональний сітковий препроцесор, дозволяє автоматично генерувати високоякісні розрахункові сітки для різних додатків: для розрахунків гідрогазодинамічних аналізів та ін.

Автоматизовані інструменти дозволяють швидко побудувати розрахункову сітку для нової геометричної моделі – досить зазначити область фізики, і всі необхідні настройки за замовчуванням будуть обрані автоматично. Такий підхід гарантовано дозволяє створювати розрахункову сітку з першої спроби. ANSYS Meshing підтримує двоспрямований параметричний зв'язок з CAD-системами, тому при зміні будь-якого параметра вихідної CAD-геометрії сіткова модель буде автоматично оновлена. Є інструменти для створення сітки під безпосереднім управлінням користувача. Сіткові технології ANSYS дозволяють вибрати тип елемента або технологію, яка використовує кілька типів елементів одночасно. Користувач самостійно може вказати зони геометричній моделі і

відповідні типи елементів, що дозволяє забезпечити високу економічність і адекватність чисельної моделі.

Процес побудови 3D-моделі з метою подальшого моделювання у середовищі ANSYS ґрунтується на створенні об'ємних геометричних елементів і виконанні різних операцій між ними. Подібно конструктору "LEGO" модель набирається зі стандартних елементів (блоків) і може бути відредагована шляхом додавання (видалення) цих елементів, або шляхом зміни характерних параметрів блоків. 3D-модель несе в собі найбільш повний опис фізичних властивостей об'єкта (об'єм, маса, моменти інерції) і дає проєктантові можливість роботи в віртуальному 3D-просторі, що дозволяє на найвищому рівні наблизити комп'ютерну модель до вигляду майбутнього виробу, виключаючи етап макетування. Розробники SolidWorks велику увагу приділяють роботі з комплексними збірками, кількість компонентів яких може становити десятки і сотні тисяч одиниць. Безумовно, для роботи з такими моделями потрібно використовувати спеціальні методики управління окремими деталями і вузлами збирання, раціонально розпоряджатися ресурсами процесора і оперативної пам'яті. Для цього в SolidWorks існує спеціальний режим, який так і називається «Режим роботи з великими збірками». Цей режим дозволяє оптимально розподілити програмні і апаратні ресурси, заощаджуючи, таким чином, час завантаження і перестроювання збірки.

Програма дозволяє автоматично створювати креслення по заданій 3D-моделі, виключаючи помилки проєктанта, що неминуче виникають при зображенні проєкцій виробу вручну. SolidWorks підтримує креслярські стандарти GOST, ANSI, ISO, DIN, JIS, GB і BSI. Креслення SolidWorks мають двобічну асоціативність із 3D-моделями, завдяки чому розміри моделі завжди відповідають розмірам накресленні. В SolidWorks є безкоштовний модуль – eDrawings, за допомогою якого можна створювати, переглядати і виводити на друк електронні креслення SolidWorks. Завдяки вбудованій програмі перегляду креслення eDrawings можна відразу ж відкрити для перегляду без використання будь-яких заздалегідь установлених на комп'ютері CAD-систем або інших засобів перегляду. Дуже зручним і наочним засобом, що дозволяє зрозуміти

конструкцію виробу, зображеного на кресленні, є можливість анімувати креслення і подивитися, як співвідносяться між собою креслярські види. Проектування деталей:

- єдина бібліотека фізичних властивостей матеріалів, текстур і штриховок;
- моделювання на основі об'ємних елементів; управління історією побудови моделі; ручне та автоматичне нанесення розмірів; динамічне внесення змін в режимі реального часу;

- моделювання просторових трубопроводів і каналів з використання 3-х мірних ескізів;

- використання бібліотек стандартних елементів; автоматична генерація отворів із цинкової, зенкувальної, різьової і та ін. У програмному комплексі SolidWorks можна створити складні збірки, що складаються зчисленних компонентів, які можуть бути деталями або іншими збірками, званими вузлами збірок. Для більшості операцій поведінка компонентів однакова для обох типів. Додавання компонента в збірку створює зв'язок між збіркою і компонентами.

Також програма SolidWorks дає можливість створити креслення з 3D моделі у відповідності до основних світових стандартів. Процес створення креслення передбачає:

- автоматичне створення креслярських видів з 3D моделі: розрізи, перетини (прості, ступінчасті і розгорнуті), місцеві види, ізометрія; шаблони креслень з зумовленими креслярськими видами;

- повну підтримку вимог ЕСКД; допуски і посадки з вбудованою базою даних;

- створення багатолистових креслень, перенесення і копіювання видів з листа на лист; легковагі креслення;

- автоматичне відображення розмірів моделі, проставлення довідкових розмірів та іншої інформації (шорсткість, допуски відхилення форм, бази);

- настроювання на стандарти підприємства з використанням блоків, форматів, написів; автоматичне заповнення основного напису і специфікації (найменування, позначення, матеріал і т.д.). За допомогою SolidWorks можна створити вироби з урахуванням специфікації виготовлення. [11]

Для наочного представлення даних таблиць у середовищі MS Excel можна створювати десятки різновидів стандартних графіків (об'ємних і пласких), які поділяються за типами: лінійні графіки, гістограми, точкові графіки, кругові діаграми тощо. Крім того існує можливість побудови нестандартних графіків – змішаних за типами, коли на одному графіку одночасно представлений, наприклад, і лінійний графік і гістограма.

Діаграми – це засіб опису і представлення даних. Excel підтримує кілька різних типів діаграм. Тип діаграми звичайно вибирається з урахуванням призначення діаграми. Неправильний спосіб представлення даних може спричинити неправильну їхню інтерпретацію. Перш, ніж використовувати діаграми, необхідно зрозуміти, які бувають їхні типи й атрибути. Діаграми різних видів застосовуються для різних цілей, кожен тип має свої переваги і недоліки. Розуміння призначення і принципів дії кожного з типів діаграм допоможе правильно здійснити вибір і забезпечить найкраще представлення даних.

Для того щоб правильно створювати і інтерпретувати діаграми, необхідно зрозуміти різницю між окремими елементами даних і серіями даних. Окремий елемент даних – це деяка величина, що звичайно відповідає визначеного часу. Наприклад, кількість автомобілів, проданих дилером протягом червня, представляється на діаграмі продажів як окремий елемент даних. При розгляді діаграми продажів за весь рік дванадцять окремих елементів даних складають одну серію даних (загальна кількість автомобілів, проданих протягом року). Крім цього, діаграми часто представляють менші категорії даних.

Створення діаграми в Excel починається із введення на аркуші числових даних для діаграми. Потім ці дані необхідно відтворити на діаграмі, вибравши потрібний тип діаграми на стрічці Office (вкладка Вставлення у групі Діаграми).

Excel підтримує численні типи діаграм, які допомагають відображати дані у зрозумілій для аудиторії формі. Створюючи нову діаграму або змінюючи наявну, можна вибирати із широкого діапазону типів діаграм (наприклад, гістограма або кругова діаграма) і їх підтипів (наприклад, гістограма з накопиченням або об'ємна кругова діаграма). Також можна створити

комбіновану діаграму, використовуючи у своїй діаграмі кілька типів діаграм.
[12]

У роботі планується виконувати прямі вимірювання величин лінійних розмірів об'єктів при використанні одноразових технічних вимірювань із подальшим відповідним обробленням результатів. Це задовольняє поставленій задачі та точності визначення. Параметри мікроклімату (температура, відносна вологість) у будівлі та довкілля планується вимірювати за допомогою термогігрометра при використанні одноразових прямих вимірювань з подальшим обробленням результатів, методика якого подана вище. Температура поверхонь будівельних конструкцій та елементів системи опалення планується визначати за допомогою пірометра. Це також пряме безконтактне вимірювання. Інші похідні параметри, наприклад, густина повітря можуть бути або розраховані за відомими формулами, або взяті як табличні величини. Фактично такі величини є результатом непрямого вимірювання. Параметри споживання енергоносіїв та води визначаються за результатами прямих вимірювань за допомогою лічильника.

1.3 Показники питомого енергоспоживання

Аналіз тепловтрат та величин питомого енергоспоживання систем і будівель виконуються за відомими методиками, наведеними, наприклад, у ДБН В.2.6-31:2016 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» [13].

При оцінюванні стану енергоспоживаючих систем та будівель користуються рекомендаціями, наведеними у [13, 14], витяг з яких поданий нижче.

Питомі тепловитрати на опалення будинків повинні відповідати умові

$$q_{\text{буд}} \leq E_{\text{max}}, \quad (1.1)$$

де $q_{\text{буд}}$ – розрахункові або фактичні питомі тепловитрати;

E_{max} – максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт · год/м² або кВт · год/м³, що встановлюється згідно з таблицями 4, 5 [14] залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку, що приймається згідно з додатком В [14].

Виконання умови (1.1) для будинку, що проектується або експлуатується, перевіряється на підставі результатів енергетичного аудиту будинку або з використанням математичних моделей теплового режиму будинку, а також за результатами розрахунків згідно з додатком Н [14].

При виконанні умови за формулою (1.1) допускається застосовувати окремі конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки із зниженими значеннями опору теплопередачі до рівня 75 % від $R_{q \min}$ для непрозорих частин зовнішніх стін і до рівня 80 % від $R_{q \min}$ для інших огорожувальних конструкцій відповідно до умови за формулою

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \min}, \quad (1.2)$$

при обов'язковому виконанні умов для цих елементів теплоізоляційної оболонки за формулами (1.3) та (1.4):

$$\Delta t_{\text{пр}} \leq \Delta t_{\text{cr}}, \quad (1.3)$$

$$\tau_{\text{в min}} > t_{\text{min}}, \quad (1.4)$$

де $R_{\Sigma \text{пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорій огорожувальній конструкції чи непрозорій частини огорожувальній конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорій огорожувальній конструкції, м² · К/Вт;

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорій огорожувальній конструкції чи непрозорій частини огорожувальній

конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

$\Delta t_{\text{пр}}$ – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

$\Delta t_{\text{ст}}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

$\tau_{\text{в min}}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

t_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Розрахунок фактичної питомої теплової витрати енергії на опалення будівлею

$$q_{\text{буд}} = \frac{Q_{\phi}}{V_{\text{буд}}}, \text{ Вт} \cdot \text{год}/\text{м}^2, \quad (1.5)$$

де Q_{ϕ} – фактична величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період;

$V_{\text{буд}}$ – об'єм опалювальної будівлі, м^3 .

$$Q_{\phi} = \frac{B \cdot \eta_{\text{к}} \cdot Q_{\text{н}}^p}{3600}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (1.6)$$

де Q_{ϕ} – фактична теплова витрата енергії на опалення;

B , м^3 – обсяг спожитого газу на опалення за рік;

$\eta_{\text{к}}$ – ККД котла;

$Q_{\text{н}}^p = 36000 \text{ кДж}/\text{м}^3$ – теплота згорання природного газу.

За результатами розрахунків нормативні максимальні тепловитрати будівлі E_{\max} , кВт·год/м² порівнюють з розрахунковими, формула (1.1), і роблять відповідні висновки про необхідність застосування у будівлі енергозберігаючих заходів, що призведуть до зменшення питомих енерговитрат.

Класифікація будинків за енергетичною ефективністю наведена у Додатку Ф.4 [14]. Відповідно до неї виділяють шість класів: А, В, С, D, Е, F.

Належність до відповідного класу визначається за параметром

$$[(q_{\text{буд}} - E_{\max}) / E_{\max}] \cdot 100\%. \quad (1.7)$$

Нормування споживання води будівлею виконують за [15].

Для цього розраховують питоме споживання води, шляхом ділення загальної річної витрати води на середню кількість осіб, які перебувають у будівлі та користуються водопостачанням. Отримане значення порівнюють з допустимим нормованим [15] та роблять відповідні висновки із раціональності використання.

Висновки за розділом 1

Прийняті для застосування у подальших дослідженнях при виконанні роботи методи та методики досліджень, інструментарій є загальновизнаними та дають можливість однозначно визначати параметри будівлі і систем енергозабезпечення (з визначеними наперед похибками), а також одержувати коректні значення одержуваних математичними розрахунками величин. Внесення можливих змін у алгоритми математичних розрахунків має на меті покращення точності та якості математичного описування досліджуваних явищ і не повинно вносити додаткові похибки у результати розрахунків.

Точність метрологічних засобів, що використовувалися для інструментальних вимірів є необхідною та достатньою для верифікації результатів проведених досліджень.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ

2.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження [16, 17]

Об'єктом дослідження є будівля – адміністративно-житлова будівля ПАТ "Український центр обслуговування пасажирів на залізничному транспорті України".

Призначення будівлі – адміністративно-житловий комплекс з обслуговування людей.

Сервісна компанія ПАТ "Український центр обслуговування пасажирів на залізничному транспорті України" (УЦОП) дозволяє організувати поїздку на поїзді найбільш простим і зручним способом. З її допомогою легко дізнатися розклад руху потягів з будь-яких 2015 напрямків і вартість залізничних квитків, купити квиток на поїзд он-лайн з наступною доставкою особисто в руки і багато іншого.

Початок будівництва об'єкту – 1985 рік, з капітальною модернізацією у 2010 р.

Режим роботи об'єкту – 5-денний (субота, неділя – вихідні) з 8:00 до 17:00 (окрім п'ятниці – з 8:00 до 16:00).

Адреса об'єкту: 01032, м. Київ, бульвар Т. Шевченка, 38/40

Телефон: (044) 503-30-63.

Сайт: <http://railwayukr.com>.

Генеральний директор: Маркелов Олександр Анатолійович.

У складі УЦОП також функціонує тризірковий готель «Експрес» на 123 комфортабельних номера. Розташування готелю у центрі міста неподалік від вокзалу, ділової частини міста та багатьох історико-архітектурних пам'яток зберігає гостям час та робить їх відпочинок приємним і корисним. До послуг клієнтів, які проживають – реабілітаційно-оздоровчий комплекс з сучасною сауною, спортивними тренажерами, більярдом тощо.



Рисунок 2.1 – Будівля ПАТ "Український центр обслуговування пасажирів на залізничному транспорті України"

Об'єкт складається із двох частин, поєднаних методом надбудови. Верхня частина будівлі займає 14 із 18 поверхів та має удвічі менший периметр (рис. 2.1). Будівля виконана каркасним методом з використанням армованого бетону, а зовнішні стіни у 2010 році були модернізовані із використанням структурного вентиляованого фасадного скління та вставок "сендвіч-панелей".

Планам благоустрою території передбачені тротуари, дві автомобільні стоянки для машин. Передбачені робочим проектом інженерні мережі підключені до існуючих мереж підприємства та міських інженерних мереж згідно креслень і технічних умов.

2.2 Опис дійсного стану будівлі

Будівля розташована на території м. Київ.

Адреса: бульвар Т. Шевченка, 38/40.

Склад людей (приблизний):

- загальна кількість працівників на підприємстві 530 осіб;
- кількість працівників, що постійно працюють у об'єкті 101 особа;

Головний фасад будівлі зорієнтовано на північний схід.

Технічні характеристики будинку такі:

- рік побудови1985;
- рік реконструкції.....2010;
- загальна кількість поверхів будівлі.....18;
- загальна площа.....19395 м²;
- опалювана площа об'єкту.....14546 м²;
- площа забудови за зовнішніми обмірами.....2197,5 м²;
- опалювальний об'єм будівлі.....40792 м³;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами.....58275 м³;
- загальна площа скління (фасадного).....4881 м².

Будівля виконана каркасним методом з використанням армованого бетону, а зовнішні стіни – із використанням структурного вентиляованого фасадного скління та вставок "сендвіч-панелей" із використанням спіненого синтетичного утеплювача, металу та герметиків. У вказаному фасадному склінні серії ALUTECH ALT F50 застосовується ущільнювач фальця АУРС.F50.0913 зі спіненого матеріалу, а також набір термовставок (термоізоляторів) з твердого удароміцного полівінілхлориду (PVC-U-НІ) з високими теплоізолюючими параметрами, набір ущільнюючих прокладок на основі етилен-пропіленових каучуків (EPDM). Товщина заповнювача фасадного скління складає 56 мм. Зведений коефіцієнт теплопередачі стіни фасадного скління із використанням трикамерних склопакетів – 0,65 Вт/(м²·град) [18]. Зовнішній вигляд конструктивного рішення фасадного скління досліджуваного об'єкту подане на рис. 2.2. У будівлі завдяки фасадному склінню поєднуються такі огорожуючі конструкції як зовнішні стіни і вікна. Зовнішня і внутрішня поверхня скління періодично очищуються.

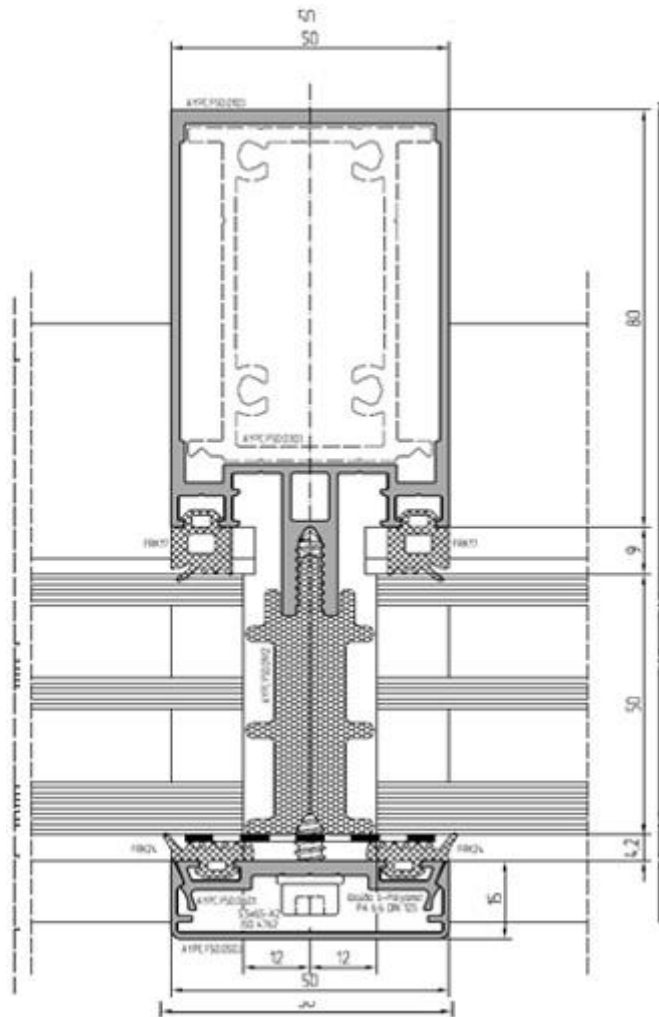


Рисунок 2.2 – Зовнішній вид конструктивного рішення фасадного скління досліджуваного об'єкту

Дах – залізобетонна плита товщиною 220 мм, вкрита гідроізоляцією (бітум, руберойд) та утеплювачем з керамзиту товщиною 0,1 м.

Фундамент – залізобетонні конструкції та керамзитового гравію на цементно-піщаній стяжці.

Підлога – залізобетонна плита товщиною 380 мм, вкрита цементною стяжкою та кахлем або лінолеумом.

Зовнішні стіни – залізобетонний каркас 400 x 400 мм (несуча конструкція); фасадне скління трикамерне товщиною 56 мм.

Дверний проєм (основний) – металопластиковий, двохкамерний – 4і -10-4М₁-10-4і.

Перегородки – цегляні в півтори цегли, товщиною 220 мм.

Перекриття – залізобетонні плити, товщиною 220 мм, шар цементно-піщаної штукатурки товщиною 10 мм, шар кахлі.

Зовнішні двері будівлі – скляні з механізмом автоматичного відчинення. Механізм працює справно. Така конструкція значно зменшує тепловтрати об'єкту в основному за рахунок відчинення дверей та інфільтрації, якою при застосуванні металопластикових конструкцій, як правило, нехтують. Двері відчиняються автоматично від сигналу датчика, встановленого над дверима. Розмір дверей 2x2,4 м.

Загальний стан огорожуючих конструкцій задовільний.

Будівля не має безпосереднього контакту із іншими будівлями.

Аварійний вхід до об'єкту майже весь час зачинений.

Забезпечення об'єкту тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від власної котельної із використанням одноконтурного газового турбулізованого котла із закритою камерою згоряння, яка працює на природному газі, теплоносій – вода. Джерелом газозабезпечення є газові мережі високого тиску ($P_{\text{факт.}} 2,0 \text{ кгс/см}^2$). Постачальником природного газу є ТОВ «Київоблгаз збут». Лічильник природного газу – METRIX G25 з номінальною витратою 25 м³/год. Основні споживачі природного газу – система опалення, приготування страв

Система опалення циркуляційна, двотрубна, модернізована. Приєднання опалювальних приладів до теплопроводів здійснене «згори вниз». Опалювальні прилади – системи "тепла підлога" у приміщеннях, що мають вихід фасадного скління та радіатори конвективного типу у всіх інших приміщеннях.

Опалювальний період триває 6 місяців (з 1 жовтня до 15 квітня). Тривалість періоду може змінюватися залежно від погодних умов (як правило він починається при зниженні середньодобової температури зовнішнього повітря нижче +8 °С і закінчується при підвищенні середньодобової температури повітря вище +8°С протягом 3-х діб). Перевагою даної системи опалення є якісне постачання теплової енергії без перегрівання або недогрівання приміщень, що досягається за рахунок гнучкої зміни температури теплоносія

залежно від температури у приміщення, яка, у свою чергу, визначається температурою довкілля.

Подача холодної води до будинку та водовідведення (каналізація) здійснюються централізовано. Забезпечення приміщення гарячою водою здійснюється за рахунок власного виробництва з використанням бойлера електричного нагрівання. Централізована подача гарячої води на об'єкті відсутня.

Водопостачання здійснюється ПрАТ АК «Київводоканал». Основні споживачі холодної води: мешканці готелю "Експрес", відвідувачі ресторану "Експрес" та персонал УЦОП. З метою визначення споживання холодної води встановлено лічильник крильчастий муфтовий GROSS MNK-UA.

Постачальником електричної енергії є Київське відділення Шевченківського району ПАТ «Київобленерго», відбувається від трансформаторної підстанції, що знаходиться поза територією об'єкту. Лічильник електричної енергії – трьохфазний однотарифний з електромеханічним дисплеєм НК 2301 АП2В, що призначений для вимірювання активної електричної енергії у трифазних мережах електричного струму. Лічильник реактивної енергії у досліджуваному об'єкті відсутній.

Система електропостачання будівлі розрахована на одночасне ввімкнення всіх електроспоживаючих приладів. Електропроводка будівлі відповідає вимогам експлуатації.

Світильники знаходяться в задовільному стані. Стіни в приміщеннях пофарбовані в світлі кольори. Віконне скло регулярно протирається.

Будинок обладнано системами природної та штучної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через відкриття світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішніх дверей. Система штучної вентиляції є централізованою багатозональною. Її робота спрямована на підтримання мікроклімату у приміщеннях будівлі як улітку, так і узимку. З цією метою на верхньому поверсі будівлі встановлено центральний кондиціонер загальною потужністю, включаючи припливний і витяжний вентилятори, 50 кВт. Він також може працювати у режимі теплового насосу (для холодного

періоду року). У першу чергу робота штучної системи вентиляції спрямована на охолодження припливного повітря влітку та нагрівання взимку. З метою підвищення енергетичної ефективності системи використовується утилізація тепла витяжного повітря. Окремі автономні кондиціонери у будівлі відсутні.

Постачальником природного газу є ТОВ «Київоблгаз збут». Лічильник природного газу – METRIX G10 [19] з номінальною витратою 10 м³/год. Основні споживачі природного газу – система опалення, приготування страв.

Зняття показів з приладів обліку ПЕР і води здійснюється відповідальною особою (завідуючим господарством) регулярно, помісячно, станом на останнє число місяця.

Під час енергоаудиту розглядалися такі шляхи економії енергоресурсів і води:

- скорочення споживання теплової енергії на потреби опалення;
- скорочення споживання електроенергії внутрішнього і зовнішнього освітлення;
- споживання води на санітарно-гігієнічні і технологічні потреби.

Поліпшення екологічних характеристик досягалося за рахунок: непрямого екологічного ефекту, спричиненого зменшенням споживання первинних енергоносіїв (електричної енергії) і води, а також пов'язаного з цим скороченням викидів забруднювальних речовин у довкілля.

2.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

У результаті енергетичного обстеження було здійснено візуальний огляд систем електро-, тепло- та водопостачання, вентиляції і каналізації.

2.3.1 Система опалення

У ПАТ "Український центр обслуговування пасажирів на залізничному транспорті України" базовим джерелом тепла є водяне опалення. Теплоносій (90°C/70°C) подається по трубопроводу в систему опалення від власної котельні. Потім по відповідним трубопроводами вода надходить в приміщення. Система опалення в приміщенні – двотрубна. Рух гарячого теплоносія відбувається зверху вниз через труби і опалювальні прилади.

Як опалювальні прилади використовуються сталеві опалювальні панелі типу Radik, що розташовані під вікнами в кожному приміщенні та мають різну кількість секцій, залежно від розрахункової теплової потужності. Також використовуються опалювані прилади типу "тепла підлога". Всі нагрівальні прилади обладнуються автоматичними терморегуляторами.

Нагрівальна панель радіатора виготовлена із двох сталевих штампованих листків, зварених по периметру роликівим швом, а у місцях з'єднання штампованих елементів – точковим зварюванням. Сталевий лист холоднокатаний з низьким вмістом вуглецю. Зовнішня поверхня приладу вкрита фосфатом заліза, потім катафорезним лаком та спеціальною порошковою фарбою. Таке покриття забезпечує надійний антикорозійний захист та механічну стійкість, гігієнічну безпечність.

Трубопроводи системи опалення виготовлені із сталевих труб згідно ГОСТ 10704-91. Теплова ізоляція труб виконана з мінераловатних виробів з покривним шаром із рулонного склопластику.

Характеристики сталеві опалювальної панелі типу Radik [20] подані в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики сталеві опалювальної панелі типу Radik

Параметри	
Максимальна температура теплоносія , °С	+110
Тиск, бар	10
Критичний тиск, бар	13
Потужність секції, Вт	1210
Об'єм, л	6,6
Габаритні розміри , мм:	
<i>висота секції</i>	600
<i>глибина секції</i>	54
<i>ширина секції</i>	1200
Маса секції , кг	31

Зображення сталеві опалювальної панелі типу Radik (Чехія) подана рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Сталева опалювальна панель типу Radik

Результатом обстеження вказаних приміщень є висновок, що експлуатація даної системи опалення задовільна.

У котельні досліджуваного об'єкту встановлено таке обладнання: даховий газовий котел проточного типу з номінальною тепловою потужністю 512 кВт марки КОЛВІ 440 [21] (рис. 2.4), запірна арматура по воді – засувки діаметром 100 мм, фільтр тонкого очищення, гідровирівнювач, розширювальний мембранний бак, рециркуляційна насосна система. Наявність власного джерела тепла дозволяє досить гнучко регулювати температуру у приміщеннях підприємства залежно від температури зовнішнього повітря, що не спричиняє надлишкової подачі теплоти на потреби і перевикористання природного газу.



Рисунок 2.4 – Котел газовий КОЛВІ 440

До основних характеристик водонагрівача проточного типу газового ВПМ

«КОЛВІ» 440 можна віднести:

- кількість модулів у каскаді – 1;
- номінальна теплопродуктивність – 512 кВт;
- тиск природного газу – 192 кПа;
- поверхня нагріву – 10,2 м²;
- діаметр димоходу – 300 мм;
- номінальна втрата природного газу – 17,36 м³/год;
- робочий тиск води у мережі – 0,03-0,3 МПа;
- споживана електрична потужність (частота струму) – 500 Вт (50 Гц);
- ККД – 93 %;
- габаритні розміри – 3095 x 1170 x 1595 мм;
- маса – 1075 кг.

Основною проблемою при експлуатації даного типу опалювальних приладів є необхідність підтримки значення рН (кислотність теплоносія) у вельми вузькому діапазоні. Іншою проблемою є газоутворення в приладах, яке може приводити до постійного скупчення повітря в системах опалення, якщо вона не спроектована з урахуванням цього чинника.

Досліджувана система опалення об'єкту включає таке устаткування:

- подавальні стояки;
- підводки;
- опалювальні прилади;
- запірно-регулююча арматура;
- зворотній трубопровід.

Підчас обстеження були виявлені деякі порушення, а саме: у деяких приміщеннях опалювальні прилади були загороджені, що негативно впливає на процес повітрообміну; вікна у деяких приміщеннях має не якісні відкоси, що спричиняє надмірні втрати тепла, що на період опалювального сезону не доцільно з точки зору енергозбереження, деякі приміщення мають занижену температуру відносно нормованих показників, при невеликій площі та достатній кількості радіаторів, тому можна зробити висновок, що радіатори або засмічені або мають недостатню площу теплообміну.

Облік теплової енергії здійснюється опосередковано шляхом реєстрації кількості спожитого природного газу, яка вимірюється за допомогою газового лічильника марки METRIX G25 [22] (рис. 2.5), який має такі основні характеристики:

- діаметр умовного проходу Ду 65 мм;
- циклічний об'єм 20 дм³;
- діапазон об'ємних витрат газу $Q_{\min}=0,1 \text{ м}^3/\text{ГОД}$; $Q_{\text{ном}}= 25,0 \text{ м}^3/\text{ГОД}$; $Q_{\max}=40,0 \text{ м}^3/\text{ГОД}$;
- межі допустимої відносної похибки не перевищують в діапазоні витрат $Q_{\min}<Q<0,1Q_{\max} \pm 3,0\%$ та при $0,1Q_{\max}<Q<Q_{\max} \pm 1,5\%$;
- поріг чутливості, не більше $0,5Q_{\min} \text{ м}^3/\text{ГОД}$
- втрата тиску при Q_{\max} , не більше – 300 Па;
- маса лічильника – 7 кг;
- діапазон робочих температур – мінус 30...+55 °С;
- габаритні розміри (довжина x ширина x висота) – 345 x 395 x 214 мм;
- міжповірний інтервал – 12 років.

Допустима похибка лічильника не перевищує 9 % у діапазоні витрат від Q_{\min} до $0,1Q_{\text{ном}}$, та 1,5 % у діапазоні витрат від $Q_{\text{ном}}$ до Q_{\max} .



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд лічильника природного газу діафрагмового METRIX G25

Лічильники марки METRIX вирізняються високою точністю та стабільністю вимірювань, довговічністю, широким діапазоном робочих температур, високою стійкістю до несанкціонованих втручань, наявністю датчика низької частоти та гнізда для встановлення коректора об'єму газу за температурою. Тому такий тип лічильника знайшов широке застосування у промисловості.

2.3.2 Система електропостачання

Електропостачання об'єкта здійснюється на підставі договору між УЦОП та ВАТ «Київобленерго».

Оплата за спожиту електроенергію здійснюється щомісячно, на основі показів приладів обліку і рахунків від енергопостачальної організації (основний розрахунковий період – місяць).

Живлення електричною енергією будівлі здійснюється кабельними лініями 0,4 кВ марки ВВГ.

Електрощитова з розподілом на 220/380 В, від якої живиться електроенергією силове обладнання та освітлювальна мережа об'єкта, знаходиться поза межами будівлі. Вона є спільною для всього об'єкту.

Комерційний облік спожитої у об'єкті активної електричної енергії здійснюється за допомогою трифазного одностарифного лічильника активної енергії типу НІК 2301 АП2В [23] (рис. 2.7, табл. 2.2), який входить до складу автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ), яка являє собою сукупність об'єднаних в єдину систему локального устаткування збору і обробки даних (ЛУЗОД) засобів обліку, каналів передачі інформації та пристроїв приймання, обробки, відображення та реєстрації інформації. Зовнішній вигляд апаратної частини системи АСКОЕ поданий на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд апаратної частини системи АСКОЕ [24]

Лічильник типу НІК 2301 АП2В відповідає вимогам ГОСТ 30207 та ДСТУ ІЕС 61036, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.110:2005 і ТУ У 33.2-33401202-004:2005 та має підвищений захист від впливу змінних та сталих магнітних полів. Технічні характеристики лічильника наведені і табл. 2.2.



Рисунок 2.7 – Трифазний одностарифний лічильник активної енергії типу НІК 2301 АП2В

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики лічильника НІК 2301 АП2В

Параметр	Значення
Клас точності	1,0
Номінальна сила струму	5,0 А
Максимальна сила струму	60 А
Номінальна напруга	220 В
Максимальна напруга	253 В

Параметр	Значення
Мінімальна напруга	143 В
Номінальна частота	50 Гц
Чутливість	12,5 мА
Тип індикатора	електромеханічний
Міжповірочний інтервал	16 років
Робочий діапазон температур	-40 °С – +50 °С

Лічильники реактивної потужності на об'єкті відсутні.

Система освітлення знаходиться в задовільному стані і вимагає покращення для приведення у відповідність із санітарно-гігієнічними нормами для даного типу закладу. Освітленість в приміщеннях будівлі відповідає мінімальним нормативним вимогам. Також було встановлено, що у більшості приміщень та у коридорах штучним джерелом світла є люмінесцентні лампи OSRAM, які розміщені у світильниках типу BS-24/4x18 FORA [25] розрахованих на чотири люмінесцентні лампи загальною потужністю 72 Вт.

Система контролю за спрацюванням автоматики керування освітленням відсутня. Загальна потужність систем внутрішнього і зовнішнього освітлення 15670 Вт. Річна тривалість роботи систем зовнішнього освітлення – 1600 год.

З візуального огляду приміщень було встановлено, що стіни в усіх приміщеннях мають світлий колір. Майже всі освітлювальні прилади на момент обстеження знаходилися в робочому стані. Скло віконних заповнень більшості приміщень чисте. Всі світильники знаходилися в чистому стані.

2.3.3 Система водопостачання

Об'єкт підключено до системи централізованого холодного водопостачання та водовідведення. Водопостачання здійснюється централізовано ПрАТ АК «Київводоканал».

Внутрішня мережа холодного водопостачання складається з таких елементів:

- ввід водопроводу в будівлю;

- розподільні мережі трубопроводів, виконані з пластикових труб D_y 40, 25 мм та D_y 15мм;

- запірно-регулююча (засувки, вентиля) та запобіжна арматура (клапани).

Основні споживачі холодної води – мешканці готелю "Експрес", відвідувачі ресторану "Експрес" та персонал УЦОП, а саме: змішувачі, крани, змивні бачки, які розміщені на території об'єкту у санвузлі та душових.

З метою визначення споживання холодної води встановлено лічильник крильчастий муфтовий GROSS MNK-UA [26].

Облік споживання холодної води здійснюється за показниками крильчастого муфтового лічильника холодної води GROSS MNK-UA (рис. 2.8), встановленого після системи водопідготовки. Лічильник має захист від магнітних полів. Приєднання до трубопроводу – різьбове.

Лічильник води вимагає застосування фільтру грубого очищення на вході за зоною прямолінійної ділянки трубопроводу. Він має умовний діаметр DN40, номінальну витрату 4,0 м³/год та клас точності 2,0. Зняття показань лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць. Отримані дані використовують контролю витрат енергоресурсів, а також з метою визначення кількості води, яка потрапляє у систему водовідведення. За цими показниками визначають необхідну оплату за послуги централізованої системи водовідведення.



Рисунок 2.8 – Лічильник холодної води GROSS MNK-UA D_y 40

2.3.4 Система каналізації

Каналізація – централізована. Господарчо-побутові стоки відводяться в існуючі зовнішні мережі побутової каналізації. Перед скидами їх у побутову каналізацію вони проходять попереднє очищення в локальній установці очищення, яке є на території об'єкту.

Зливні води потрапляють каналізаційну мережу Ø100 з подальшим відведенням стоків в вуличну каналізацію Ø500.

2.3.5 Система вентиляції

Будинок обладнано системами природної та штучної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через відкриття світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішніх дверей. Система штучної вентиляції є централізованою багатозональною. Її робота спрямована на підтримання мікроклімату у приміщеннях будівлі як улітку, так і узимку. З цією метою на верхньому поверсі будівлі встановлено центральний кондиціонер загальною потужністю, включаючи припливний і витяжний вентилятори, 50 кВт. Він також може працювати у режимі теплового насосу (для холодного періоду року). У першу чергу робота штучної системи вентиляції спрямована на охолодження припливного повітря влітку та нагрівання взимку. З метою підвищення енергетичної ефективності системи використовується утилізація тепла витяжного повітря. Окремі автономні кондиціонери у будівлі відсутні.

2.4 Існуючі тарифи на енергоносії і воду

2020 рік

Електрична енергія: 2,15 грн/(кВт·год).

Холодна вода: 13,83 грн/ м³, з них водовідведення 6,13 грн/ м³.

Природний газ: 8,34 грн/ м³.

Висновки за розділом 2

Представлені у розділі вихідні дані щодо конструктивних особливостей будівлі та її розташування на місцевості, наявних джерел енергопостачання, об'ємів споживання енергоресурсів, вузлів обліку спожитих ресурсів є повними і достатніми для проведення послідуочого аналізу фактичного енергетичного стану будівлі та її систем енергоспоживання.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ФАКТИЧНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ БУДІВЛІ ТА ЇЇ СИСТЕМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Показники фактичного енергетичного стану будівлі включають масиви інформації щодо річного споживання на об'єкті дослідження електричної енергії, теплової енергії, холодної та гарячої води. Аналіз цих показників проведено з використанням та застосуванням методів математичної статистики і з розрахунком питомих показників споживання зазначених видів енергії у залежності від часу та умов споживання.

У зв'язку з тим, що облік споживання ПЕР і води ведеться лише загальний по всьому об'єкту включаючи основні витрати на адміністративну частину будівлі та приміщення готелю. Подамо загальну картину споживання енергоресурсів і води по об'єкту.

У досліджуваному об'єкті споживаються такі первинні енергоносії:

- електрична енергія на потреби роботи електричного обладнання, системи кондиціонування, системи освітлення;
- природний газ на потреби системи опалення, приготування гарячої води;
- холодне водопостачання на потреби приготування страв, роботи санвузлів та інші побутові та господарські потреби.

Річні обсяги споживання енергоносіїв і води за 3 роки наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Обсяги споживання енергоносіїв і води за 2017-2019 роки

Енергоносій/вода	2017 р.	2018 р.	2019 р.
Електрична енергія, тис. кВт·год	268,5	263,4	265,2
Природний газ, тис. м ³	527,1	496,6	513,3
Холодне водопостачання, тис. м ³	12,4	13,6	10,8

У 2019 році в об'єкті за даними журналу обліку було спожито:

- природного газу – 513,3 тис. м³ (4,39 млн. грн);

- електричної енергії – 265,2 тис. кВт·год (0,57 млн. грн);

- холодна вода – 10,8 тис. м³ (0,15 млн. грн)

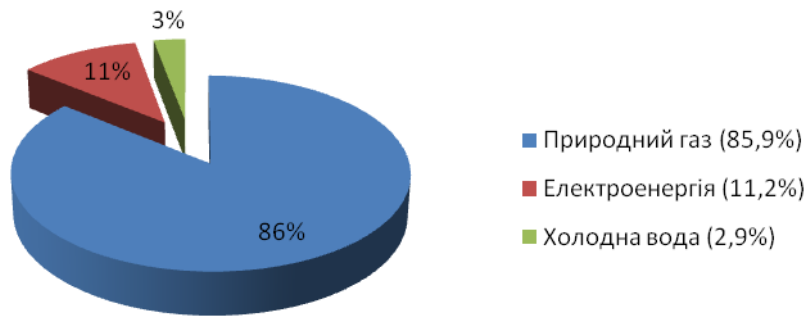


Рисунок 3.1 – Кругова діаграма обсягів споживання енергоресурсів об'єктом за 2019 рік

З кругової діаграми (рис. 3.1) видно, що більшу фінансову частину енергоспоживання складає природний газ (85,9 %). Отже, для економії енергоресурсів доцільно впроваджувати заходи з економії саме цього енергоресурсу.

3.1 Аналіз теплоспоживання

У досліджуваному об'єкті встановлене автономне опалення, яке працює на природному газі, тому для обчислення теплоспоживання будемо розглядати споживання об'єктом саме такого енергоносія, як еквівалента компенсуючого теплонадходження у будівлю.

На діаграмі (рис. 3.2) подано помісячний розподіл споживання природного газу за три попередні роки.

З діаграми (рис. 3.2), яка побудована на підставі даних, наведених у Додатку Б, видно, що споживання теплової енергії відбувається в основному під час опалювального сезону, в інший час теплове навантаження будівлі дорівнює нулю. Найбільша кількість теплової енергії використовується в зимові місяці в найхолодніший час. Якісно з діаграми можна відслідкувати середньомісячну зміну зовнішньої температури оточуючого середовища. Наприклад, як впливає

з графіку (рис. 3.2), найнижчою була температура довкілля у січні та грудні 2017 року, а найвищою – у такі самі місяці 2018 року, якщо мова йде про зимові місяці.

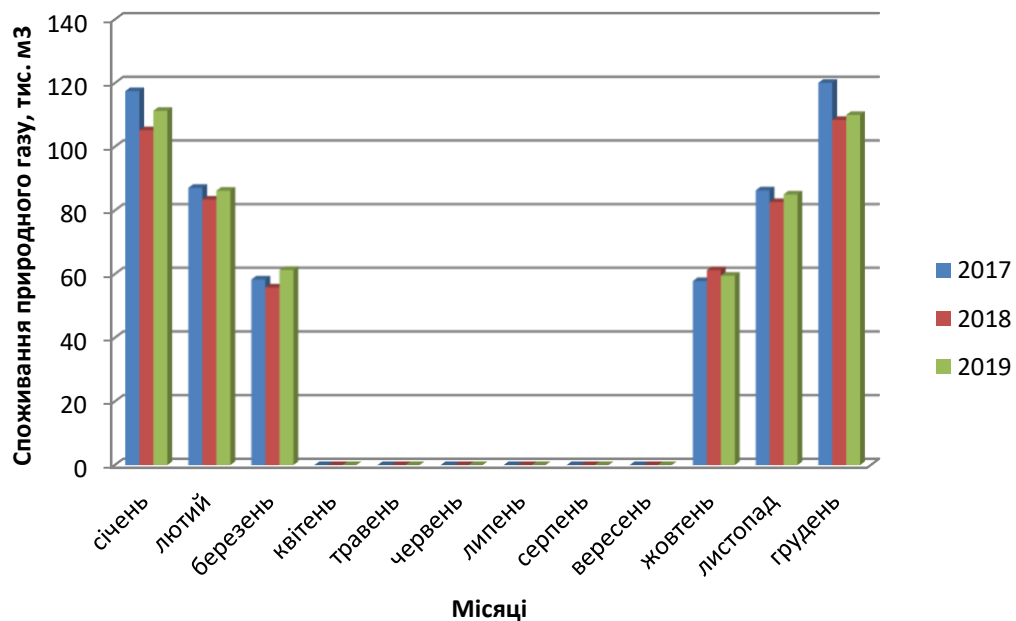


Рисунок 3.2 – Діаграма споживання природного газу в 2017 – 2019 роках

3.1.1 Розрахунок теплової потужності будівлі [13, 14, 27-30]

Розрахунок термічного опору огороджуваних конструкцій

Зведений опір теплопередачі дійсних огороджуваних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Wt$ повинний бути не менше за значення, що є мінімально допустимими, R_{qmin} , які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження.

Для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків та споруді внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на $3 \text{ } ^\circ C$ та більше, обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}, \quad (3.1)$$

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Вт$;

$R_{q min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Вт$.

Мінімально допустиме значення, $R_{q min}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей громадських будинків встановлюється згідно з табл. 6 [13] залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

Зведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Вт$, непрозорої огорожуючої конструкції розраховується за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i п}} + \frac{1}{\alpha_з} \quad (3.2)$$

де $\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $Вт/(m^2 \cdot K)$, які приймаються згідно з табл. 9, [13];

$\lambda_{i п}$ – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно з табл. 8, $Вт/(m \cdot K)$, [13];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (3.3), $m^2 \cdot K/Вт$;

Опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон) приймається по табл. 7, [13].

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті R_{nz} , $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ визначається за формулами:

$$I \text{ зона} - R_{nz}^I = R_0^I + \sum R_n ;$$

$$II \text{ зона} - R_{nz}^{II} = R_0^{II} + \sum R_n ;$$

$$\text{III зона - } R_{не}^{III} = R_0^{III} + \sum R_n ; \quad (3.3)$$

$$\text{IV зона - } R_{не}^{IV} = R_0^{IV} + \sum R_n ;$$

де $R_0^I, R_0^II, R_0^III, R_0^IV$ – значення термічного опору теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, відповідно чисельно рівні 2,2; 4,3; 8,6; 14,2;

$\sum R_n$ – сума значень термічного опору теплопередачі шарів підлоги на ґрунті, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$.

Величина $\sum R_n$ розраховується по рівнянню:

$$\sum R_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (3.4)$$

де n – кількість шарів підлоги на ґрунті;

δ_i – товщина i -го прошарку, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го прошарку, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$.

Розрахунок основних тепловтрат

При дотриманні оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно щоб виконувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями.

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень, Вт

$$\sum Q_{втр} = \sum Q_0 + \sum Q_\delta + \sum Q_{инф}, \quad (3.5)$$

де $\sum Q_0$ – сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції будівлі, Вт;

$\sum Q_\delta$ – сумарні додаткові втрати теплоти огорожуючі конструкції, Вт;

ΣQ_{inf} – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт.

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, не утеплені підлоги), Вт:

$$Q_0 = \frac{F_{ozp}}{R_0} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \quad (3.6)$$

де F_{ozp} – розрахункова площа поверхні огорожуючої конструкції, м²;

R_0 – опір теплопередачі огорожуючої конструкції (за результатами проведених розрахунків R_{qmin}), м²·°C/Вт;

t_6, t_3 – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C; [27]

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції відносно зовнішнього повітря, згідно табл. 12, [13].

Відповідно до (3.6), основні тепловтрати крізь підлоги $Q_{ndл}$ розраховуються по формулі, Вт:

$$Q_{ndл} = \left(\frac{F_I}{R_{nz}^I} + \frac{F_{II}}{R_{nz}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{nz}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{nz}^{IV}} \right) \cdot (t_6 - t_{zp}), \quad (3.7)$$

де $R_{nz}^I, R_{nz}^{II}, R_{nz}^{III}, R_{nz}^{IV}$ – термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті, (м²·°C)/Вт;

$F_I, F_{II}, F_{III}, F_{IV}$ – площі підлоги, відповідно першої, другої, третьої, четвертої зони, м²;

t_6, t_{zp} – відповідно внутрішня температура приміщень над підлогами і температура ґрунту (для практичних розрахунків приймається температура ґрунту $t_{zp}=+6^{\circ}\text{C}$).

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції визначаються за формулою, Вт:

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{ст} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{ндл}, \quad (3.8)$$

де $\Sigma Q_{ст}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження, обчислені по кожному приміщенню, Вт;

$\Sigma Q_{вкн}$ – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, обчислені по кожному приміщенню, Вт;

$\Sigma Q_{з.д}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), обчислені для приміщень у яких є вихід на зовнішню сторону будинку, Вт;

$\Sigma Q_{ндл}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги, обчислені по кожному приміщенню з такими підлогами, Вт.

Розрахунок додаткових тепловтрат

Додаткові втрати тепла через огорожуючі конструкції будівель обумовлені наявністю багатьох різних неврахованих факторів, що підвищують величини основних тепловтрат на деякі частки від їхніх значень.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, Вт

$$Q_{ор}^0 = Q_{ст} \cdot \beta_{ор}, \quad (3.9)$$

де $Q_{ст}$ – тепловтрати через кожен зовнішню стіну приміщень, Вт;

$\beta_{ор}$ – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу.

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації, приймати $\beta_{op}=0,08$ – при одній зовнішній стіні в приміщенні, і $\beta_{op}=0,13$ – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, Вт

$$Q_{з.д}^{\partial} = Q_{з.д} \cdot \beta_{відкр}, \quad (3.10)$$

де $Q_{з.д}$ – втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), Вт;

$\beta_{відкр}$ – коефіцієнт добавки на відкривання дверей, що має значення: для одинарних дверей для громадських будинків $\beta_{откр}=3$.

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами, Вт

$$Q_{ндл}^{\partial} = 0,05 \cdot Q_{ндл}, \quad (3.11)$$

де $Q_{ндл}$ – втрати теплоти через не утеплені підлоги, Вт.

Сумарні тепловтрати через не утеплені підлоги, Вт

$$\sum Q_{ндл}^{\partial} = \sum_i^n Q_{i.ндл}^{\partial}, \quad (3.12)$$

де $Q_{i.ндл}^{\partial}$ – втрати теплоти через не утеплені підлоги по кожному приміщенню, Вт;

n – кількість приміщень де є не утеплені підлоги, для яких розраховано значення $Q_{i.ндл}^{\partial}$.

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції, Вт

$$\Sigma Q_{\partial} = \Sigma Q_{\partial op}^{\partial} + \Sigma Q_{\partial 3.0}^{\partial} + \Sigma Q_{\partial ndl}^{\partial}, \quad (3.13)$$

де $\Sigma Q_{\partial op}^{\partial}$ – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

$\Sigma Q_{\partial 3.0}^{\partial}$ – сумарні додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, Вт;

$\Sigma Q_{\partial ndl}^{\partial}$ – сумарні тепловтрати через не утеплені підлоги, Вт.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи, Вт

$$Q_{3.0}^{inf} = 0,28 \cdot G_{3.0} \cdot c \cdot (t_6 - t_3), \quad (3.14)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/(кг·°С);

t_6, t_3 – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$G_{3.0}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність дверного прорізу, кг/год

$$G_{3.0} = b_{n.0} \cdot L_{n.0} \cdot v_{cp.n.0} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (3.15)$$

де $b_{n.0}$ – ширина встановленої дверної нещільності (приймається 0,005 м);

$L_{n.0}$ – загальна довжина нещільності дверного прорізу, м;

$v_{cp.n.0}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільності дверного прорізу за результатами виконаних вимірів (приймається 0,5 м/с);

m_n – маса 1 м³ повітря, рівна 1,3 кг.

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт

$$\sum Q_{inf} = \sum Q_{вкн}^{inf} + \sum Q_{з.д}^{inf}, \quad (3.16)$$

У підсумку проведених розрахунків за результатами дискретного визначення тепловтрат у приміщеннях обстежуваної будівлі визначається сумарне розрахункове значення тепловтрат $\Sigma Q_{втр}$ по формулі (3.5).

Додаткові втрати теплоти на вентиляцію повітря у об'єкті

Додаткові тепловтрати на вентиляцію повітря у об'єкті крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуємо за формулою, Вт

$$Q_в = 0,28 \cdot V_n \cdot c \cdot \rho \cdot (t_в - t_з) \cdot n_к \cdot k_в, \quad (3.17)$$

де c , $t_в$, $t_з$ те саме, що у формулі (3.14);

V_n – об'єм приміщення;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho = 1,3 \text{ кг} / \text{м}^3$;

$n_к$ – кратність повітрообміну, $\text{м}^3 / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$;

$k_в$ – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення через розташування в ньому різного обладнання (приймається $k_в = 0,85 - 1,0$).

Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей, Вт

$$Q_л = q_л \cdot n_л, \quad (3.18)$$

де $q_л$ – явні теплонадходження від людей, Вт;

$n_л$ – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електрообладнання, Вт

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \quad (3.19)$$

де N_{el} – номінальна потужність електроустаткування, Вт;

k_{II} – коефіцієнт завантаження ($k_{II}=0,9$);

η – ККД електроустаткування (приймаємо 0,9);

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення ($k_T=0,9$);

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію ($k_c=0,15$).

Теплонадходження від джерел освітлення, Вт

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_з, \quad (3.20)$$

де N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (люмінесцентні лампи – $k_{осв}=0,4$);

$k_з$ – коефіцієнт завантаження освітлення;

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Сумарні теплонадходження, Вт

$$Q_{тн} = Q_l + Q_{ел} + Q_{осв}, \quad (3.21)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі, Вт

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \quad (3.22)$$

де $\Sigma Q_{втр}$ – сумарні тепловтрати по всій будівлі, Вт;

$\Sigma Q_{тн}$ – сумарні теплонадходження по всій будівлі, Вт

$$\Delta Q_{оп} = \Delta Q \cdot \frac{t_8^{cp} - t_{cp.on}}{t_8^{cp} - t_3} \cdot n_{оп} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6}, \quad (3.23)$$

де t_8^{cp} – середня температура у опалювальному приміщенні;

$t_{cp.on}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період за даними Гідрометцентру згідно [27];

t_3 – розрахункова за опалювальний період температура зовнішнього повітря згідно [13, табл.10, додаток Б];

$n_{оп}$ – кількість днів опалювального періоду.

3.1.2 Тепловий розрахунок будівлі

Розрахунок термічного опору конструкцій

Розрахунок термічного опору зовнішньої стіни

Термічний опір зовнішньої стіни при використанні фасадного скління серії ALUTECH ALT F50 із застосуванням ущільнювача фальця АУРС.F50.0913 зі спіненого матеріалу [6]

$$R_{\Sigma np1} = \frac{1}{k_{\Sigma np}} = \frac{1}{0,65} = 1,54 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Порівняємо фактичне значення термічного опору з нормованим згідно з [13, табл.7]:

$$R_{\Sigma np} = 1,54 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 3,3 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Так як фактичне значення опору менше ніж нормоване, тому рекомендується утеплити стіни для збільшення термічного опору, та зменшення тепловтрат. Однак у даному випадку це не може бути реалізоване на практиці

оскільки це призведе до порушення естетичної складової застосування фасадного скління.

Інша частина будівлі має не прозору конструкцію та структуру "сендвіч-панелі", що має утеплення мінеральною ватою товщиною 150 мм, металеву зовнішню панель товщиною 1 мм, шар гідроізоляції, термічним опором якої можна знехтувати, шар гіпсокартону товщиною 12,5 мм.

Термічний опір не прозорої частини зовнішньої стіни

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{46,5} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{0,0125}{0,3} + \frac{1}{23} = 3,53 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$
$$R_{\Sigma np} = 3,53 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} > R_{q \min} = 3,3 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Розрахунок термічного опору даху

Термічний опір даху розраховуємо за формулою (3.2):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0055}{0,33} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,1}{0,13} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{23} = 1,07 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$
$$R_{\Sigma np} = 1,07 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 4,95 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Розрахунок термічного опору вхідних дверей

Термічний опір металевих з утеплювачем (пінополістирол) дверей (аварійний вихід) розраховуємо формулою (3.2):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{53} + \frac{0,05}{0,055} + \frac{1}{23} = 0,93 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Для металопластикових дверей з подвійним склінням (основний вхід)

величину $R_{\Sigma np}$ приймаємо із таблиць згідно з [13] $R_{\Sigma np} = 0,93 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$.

Для обох випадків можемо записати

$$R_{\Sigma np} = 0,93 \frac{M^2 \cdot K}{Вт} > R_{q \min} = 0,65 \frac{M^2 \cdot K}{Вт}.$$

Термічний опір вікон

У даному випадку віконні прорізи співпадають із зовнішнім фасадним склінням, тобто визначаються характеристиками для зовнішньої стіни. Отже,

$$R_{\Sigma np} = 1,54 \frac{M^2 \cdot K}{Вт}.$$

Для вікон величину $R_{\Sigma np}$ приймаємо із таблиць згідно з [13]

$$R_{q \min} = 0,75 \frac{M^2 \cdot K}{Вт} \text{ тоді}$$

$$R_{\Sigma np} = 1,54 \frac{M^2 \cdot K}{Вт} > R_{q \min} = 0,75 \frac{M^2 \cdot K}{Вт}.$$

Розрахунок термічного опору підлоги

Термічний опір підлоги розраховуємо формулою (3.4):

$$\sum R_{n2} = \frac{0,38}{2,04} + \frac{0,05}{0,7} + \frac{0,01}{1,1} = 0,188 \frac{M^2 \cdot K}{Вт}.$$

Термічний опір кожної зони розраховуємо за формулою (3.3):

$$\text{I зона - } R_{n2}^I = 2,2 + 0,188 = 2,388 \frac{M^2 \cdot K}{Вт};$$

$$\text{II зона - } R_{n2}^{II} = 4,3 + 0,188 = 4,488 \frac{M^2 \cdot K}{Вт};$$

$$\text{III зона - } R_{n2}^{III} = 8,6 + 0,188 = 8,788 \frac{M^2 \cdot K}{Вт};$$

$$\text{IV зона - } R_{nc}^{IV} = 14,2 + 0,188 = 14,388 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій досліджуваного об'єкту представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Теплопровідність λ_i , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$R_{\Sigma np}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \min}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Зовнішні стіни	Фасадне скління з трикамерним склопакетом	0,056	–	1,54	3,3
		Металевий лист Мінеральна вата Гіпсокартон	0,001 0,15 0,0125	46,5 0,045 0,3	3,53	
2	Дах	Залізобетон	0,38	2,04	1,07	4,95
		Руберойд	0,0055	0,33		
		Цементна стяжка	0,012	0,33		
		Керамзит	0,1	0,13		
3	Вікно*	Фасадне скління з трикамерним склопакетом	0,056	–	1,54	0,75
4	Вхідні двері	Металопластикові склопакети з подвійним склінням	0,05	53	0,93	0,65
		Металеві з утеплювачем (пінопістирол)	0,05	0,055	0,93	
5	Підлога	Залізобетон	0,22	2,04	0,188	–
		Цементна стяжка	0,05	0,7		
		Керамічна плитка	0,01	1,1		

*віконний отвір співпадає з фасадним склінням (зовнішня стіна)

З табл. 3.2 можемо зробити висновок, що фактичний опір зовнішніх та даху не є задовільними, тому що фактичний термічний опір є меншим, ніж мінімально допустиме значення згідно [13].

Отже, рекомендується утеплити дах з метою зменшення тепловтрат будівлі. Утеплення зовнішніх стін є неможливим з естетичних міркувань.

Розрахунок тепловтрат будівлі

Тепловтрати через зовнішні стіни

Тепловтрати через огорожуючі конструкції знаходимо за формулою (3.6):

– фасадне скління

$$Q_{\text{ст1}} = \frac{4881}{1,54} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 133118 \text{ Вт};$$

– "сендвіч" панелі

$$Q_{\text{ст2}} = \frac{2625}{3,53} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 31252 \text{ Вт};$$

– загальні тепловтрати через зовнішні стіни

$$Q_{\text{ст}} = Q_{\text{ст1}} + Q_{\text{ст2}} = 133118 + 31252 = 164370 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через дах

$$Q_{\text{дах}} = \frac{2197,5}{1,07} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 86257 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через підлогу

Визначимо площі підлоги, відповідно першої, другої, третьої, четвертої зони:

$$F_I = 438 \text{ м}^2, F_{II} = 274 \text{ м}^2, F_{III} = 308 \text{ м}^2, F_{IV} = 1177,5 \text{ м}^2.$$

Тепловтрати через підлогу знаходимо за формулою (3.7):

$$Q_{\text{подл}} = \left(\frac{438}{2,388} + \frac{274}{4,488} + \frac{308}{8,788} + \frac{1177,5}{14,388} \right) \cdot (20 - 6) = 5059 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через вхідні двері

$$Q_{\text{дв}} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 2,09}{0,93} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 755 \text{ Вт}.$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції знаходимо за формулою (3.8):

$$\sum Q_0 = 164370 + 86257 + 5059 + 755 = 256441 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни зумовлені орієнтацією будівель розраховуємо по формулі (3.9):

$$Q_{\text{оп}}^{\text{д}} = 164370 \cdot 0,13 = 21368 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами:

$$Q_{\text{подл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 5059 = 253 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на відкривання дверей

$$Q_{3,d}^o = 3 \cdot 755 = 2265 \text{ Вт.}$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції:

$$\sum Q_o = 21368 + 2265 + 253 = 23886 \text{ Вт.}$$

Втрати на інфільтрацію повітря через віконні прорізи відсутні тому що усі вікна у об'єкті є металопластиковими.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи

$$Q_{3,d}^{inf} = 0,28 \cdot 144,1 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-22)) = 1704 \text{ Вт.}$$

$$\text{Тут } G_{3,d} = 0,005 \cdot 4 \cdot (1,01 + 2,07) \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 144,1 \text{ кг / год.}$$

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{inf} = \sum Q_{вкн}^{inf} + \sum Q_{3,d}^{inf} = 1704 \text{ Вт.}$$

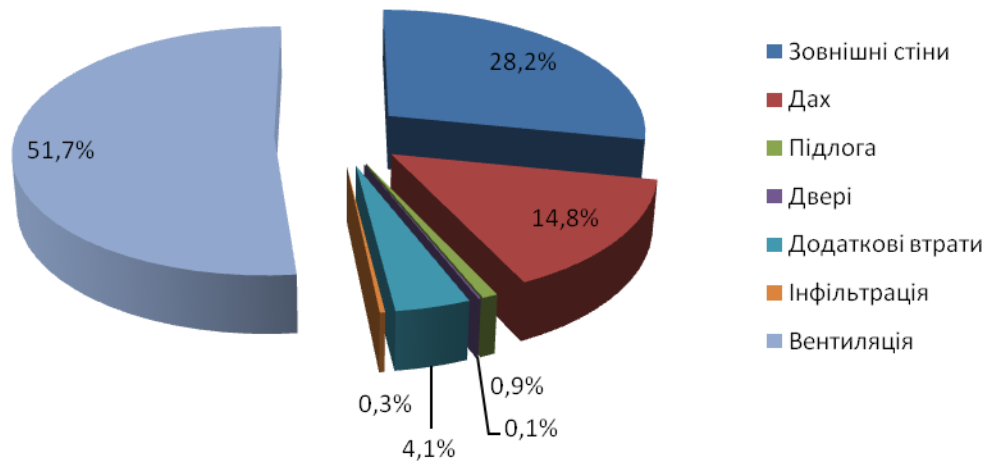
Додаткові тепловтрати на вентиляцію повітря у об'єкті крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуємо за формулою

$$Q_v = 0,28 \cdot 14546 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (20 - (-22)) \cdot 1,5 \cdot 0,9 = 301713 \text{ Вт,}$$

де $F_n = 14546 \text{ м}^2$ – опалювана площа об'єкту; $n_k = 1,5 \text{ м}^3 / (\text{год} \cdot \text{норма м}^2)$ – кратності повітрообміну у адміністративних (офісних) приміщеннях згідно міжнародних норм ASHRAE 62-1-2004 [13].

Сумарні втрати теплоти через огороджуючі конструкції

$$\sum Q_{emp} = 164370 + 86257 + 5059 + 755 + 23886 + 1704 + 301713 = 583744 \text{ Вт.}$$



Рисунку 3.3 – Діаграма втрат теплоти у об'єкті

З діаграми (рис. 3.3) видно, що основні втрати тепла приходяться на вентиляцію, втрати через зовнішні стіни та дах. Тому основні енергозберігаючі заходи будемо реалізовувати з метою зменшення саме цих втрат.

Розрахунок теплонадходжень будівлі

Теплонадходження від людей розраховуємо за формулою (3.19):

$$Q_l = 101 \cdot 104 = 10504 \text{ Вт,}$$

де $n = 101$ чол – середня кількість людей, що постійно знаходяться у будівлі.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування розраховуємо за формулою (3.20)

$$Q_{el} = 721400 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,15 = 99445 \text{ Вт},$$

де $N_{el} = 721,4 \text{ кВт} = 721400 \text{ Вт}$ – загальна потужність електроустаткування, що працює у об'єкті.

Теплонадходження від джерел освітлення розраховуємо за формулою (3.21)

$$Q_{осв} = 15670 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 2507 \text{ Вт}.$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{тн} = 10504 + 2507 + 99445 = 112456 \text{ Вт}.$$

Теплову потужність всієї будівлі визначаємо за формулою (3.22)

$$\Delta Q = 583744 - 112456 = 471288 \text{ Вт}.$$

Розрахункове значення використаного тепла системою тепла за рік становить (3.23):

$$\Delta Q_{оп} = 471288 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 926,6 \text{ Гкал}.$$

Якщо за основу взяти споживання природного газу на систему опалення, то фактичне споживання теплової енергії можемо розрахувати для року у якому відбулося найбільше споживання. У даному випадку це 2017 рік. Споживання склало 527,1 тис. м³.

Отже,

$$Q_{\phi} = \frac{V \cdot \eta_{\kappa} \cdot Q_{н}^p}{3600} = \frac{527,1 \cdot 10^3 \cdot 0,93 \cdot 36000}{3600} = 4902030 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Питоме споживання тепла

$$q_{\text{буд}} = \frac{Q_{\phi}}{V_{\text{буд}}} = \frac{4902030}{58275} = 84,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3.$$

Для температурної зони I (Київська область) для громадських і адміністративних будівель 12 і більше поверхів (аналог досліджуваного об'єкту) питомі нормативні максимальні тепловтрати складають $E_{\text{max}} = 77 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$.

Належність до відповідного класу визначається за параметром, наведеним у виразі (1.7)

$$\frac{q_{\text{буд}} - E_{\text{max}}}{E_{\text{max}}} \cdot 100\% = \frac{84,1 - 77}{77} \cdot 100\% = 9,2\% .$$

Отже, згідно класифікації будинків за енергетичною ефективністю, що наведена у Додатку Ф.4 [14], досліджуваний об'єкт відносимо до класу енергоефективності D (відхилення знаходиться в межах від плюс 6 до плюс 25%).

3.2 Аналіз водоспоживання

Споживання холодної води майже рівномірне протягом року. Це ми побачимо розглянувши діаграму (рис. 3.4), яка побудована на підставі даних, наведених у Додатку В. Порівняно незначне коливання споживання холодної води пояснюється зміною навантаження на готель відповідно до кількості мешканців. Саме готель є основним споживачем води, а також санвузли. На потреби споживання води співробітниками готелю закуповує бутильовану воду окремо.

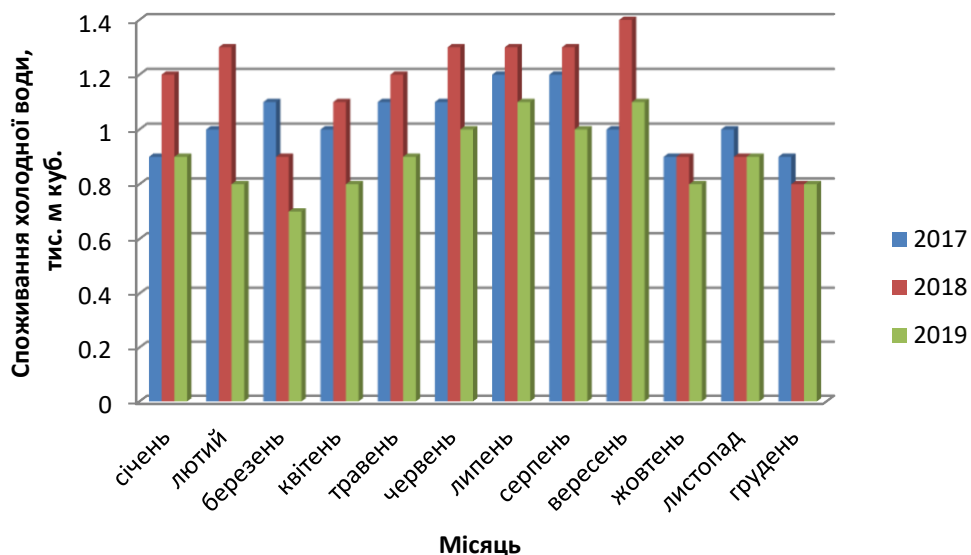


Рисунок 3.4 – Діаграма холодного водопостачання об'єктом у 2017 – 2019 роках

Розрахуємо питоме споживання холодної води. Згідно [15] за основу візьмемо місяць з найбільшим водоспоживанням за досліджуваний проміжок часу. Відповідно до рис. 3.4 найбільше водоспоживання у досліджуваному об'єкті спостерігалось у вересні 2018 року. Воно склало 1,4 тис. м³.

Отже, питоме водоспоживання найбільш навантаженого місяця складає

$$\frac{1400 \cdot 10^3}{30 \cdot 101} = 462 \text{ л / добу.}$$

Отримане значення перевищує нормоване (так як більшу частину будівлі займає готель, то нормуємо водоспоживання для готелю з ваннами у окремих номерах, 100 % загальної кількості – 300 л / добу на одну особу.

Відхилення результатів у даному випадку складає

$$\frac{462 - 300}{300} \cdot 100\% = 54\% .$$

Дійсне значення питомого водоспоживання може бути ближчим до нормованого, тому що при розрахунках не було враховано завантаженість готелю мешканцями, що пояснюється відсутністю даних. Також не було враховано виконання ремонту у частині будівлі у вказаний період часу з використанням води.

3.3 Аналіз споживання електричної енергії

Система електропостачання будівлі розрахована на одночасне ввімкнення всіх електроспоживаючих приладів. Електропроводка будівлі відповідає вимогам експлуатації.

Споживачі електричної енергії:

- офісна техніка (комп'ютери, принтери, аудіосистема);
- телевізори;
- проектори;
- пральні і сушильна машини;
- холодильники;
- електричні духові шафи;
- електричні плити;
- кондиціонер центральний;
- мікрохвильова піч;
- електрочайник;
- електробойлер;
- електроосвітлення.

Основне енергоспоживаюче устаткування представлено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Основне енергоспоживаюче устаткування

Устаткування	Встановлена потужність, Вт	Кількість у будівлі, шт.	Коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт використання	Тривалість роботи, год/рік
Комп'ютер	500	23	0,8	0,8	1000
Принтер	100	20	0,8	0,2	1000
Аудіосистема	200	2	0,5	0,6	800
Телевізор	130	130	1,0	1,0	1900
Проектор	600	2	1,0	0,3	800
Пральна машина	1300	5	0,6	0,7	1000
Холодильник	160	130	1,0	0,7	2000
Сушильна машина	2250	2	0,4	0,5	800
Електрична духовна шафа	4000	2	1,0	0,5	1000
Плита електрична	2200	2	0,6	0,5	1000
Кондиціонер центральний	50000	1	1,0	0,7	2000
Мікрохвильова піч	2600	2	1,0	0,3	500
Електрочайник	2200	150	1,0	0,2	300
Електробойлер	2000	130	0,3	0,5	2000
Освітлення	40	340	1,0	0,5	1600
	9	230	1,0	0,5	1600

Режим роботи офісів об'єкту з 8.00-17.00, п'ятиденний робочий тиждень. Готель і ресторан працюють цілодобово.

Підраховуємо річну витрату електроенергії, та порівнюємо з даними на лічильнику за 2019 рік

$$\begin{aligned}
 T_{\text{вик}} = & (0,5 \cdot 23 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1000) + (0,1 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 0,2 \cdot 1000) + (0,2 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 800) + \\
 & (0,13 \cdot 130 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1900) + (1,3 \cdot 5 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 1000) + (0,16 \cdot 130 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2000) + \\
 & (2,25 \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 800) + (4,0 \cdot 2 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1000) + (50 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2000) + \\
 & +(2,6 \cdot 2 \cdot 1,0 \cdot 0,3 \cdot 500) + (2,2 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 300) + (2,0 \cdot 130 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 2000) + \\
 & +(0,04 \cdot 140 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1600) + (0,009 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1600) = 7360 + 320 + 96 + 32110 + 2730 + \\
 & + 29120 + 720 + 4000 + 70000 + 780 + 19800 + 78000 + 4480 + 1656 = 251172 \text{ кВт}\cdot\text{год.}
 \end{aligned}$$

Розбіжність з показами лічильника 5,6 % – що є допустимим значенням.

Світильники знаходяться в задовільному стані. Стіни в приміщеннях пофарбовані в світлі кольори. Віконне скло регулярно протирається.

Помісячне споживання електричної енергії за останні 3 роки наведено на рисунку 3.5.

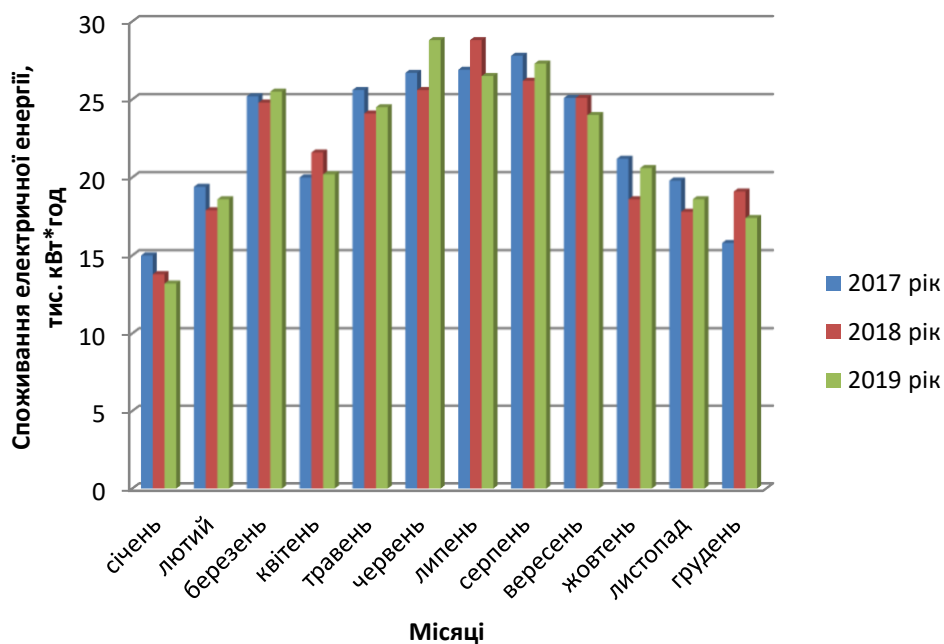


Рисунок 3.5 – Діаграма споживання електричної енергії в 2017 – 2019 роках

Максимуми споживання енергії припадають на період з березня по вересень, що видно з рис. 3.5, причиною чого є використання систем вентиляції та кондиціонування. Загалом, споживання по місяцям є плавно зростаючим з початку весни, і починає плавно спадати в кінці літніх місяців.

У грудні і січні споживання електроенергії найменше, що зумовлено специфікою роботи кліматичних систем.

Діаграма на рис. 3.5 побудована на підставі даних, наведених у Додатку А.

Висновки за розділом 3.

Проведений аналіз споживання теплової енергії, електричної енергії, холодної води за питомими показниками споживання, порівняння визначених питомих показників фактичного споживання з нормативними показує деяку невідповідність фактичних показників та нормативних. Відхилення становлять 9,2 % (клас енергоефективності будівлі D) та 54 % для водоспоживання. Досить суттєва розбіжність у водоспоживанні пояснюється неможливістю врахування точної кількості мешканців на момент розрахунку через відсутність даних та проведенням у той час ремонту, який потребував води.

Виходячи з проведеного аналізу пропонується розробити та запровадити низку організаційних та техніко-економічних заходів у будівлі та її системах енергоспоживання, у т. ч. з застосуванням пристроїв та технологій, які дозволяють використати альтернативні джерела енергії, накопичувати енергію та раціонально її використовувати і поповнювати у залежності від кліматичної ситуації та поточного графіку вартості генерації.

РОЗДІЛ 4

ОСНОВНІ ЗАХОДИ, СПРЯМОВАНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ТА ЕНЕРГІЇ У БУДІВЛІ

Результати проведеного аналізу ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі (ПАТ "Український центр обслуговування пасажирів на залізничному транспорті України") вказують на необхідність розробки та впровадження низки організаційних та техніко-економічних заходів, які дозволяють підвищити енергоефективність систем енергозабезпечення будівлі. у т.ч. з застосуванням пристроїв та технологій, які дозволяють використати альтернативні джерела енергії, накопичувати енергію та раціонально її використовувати і поповнювати у залежності від кліматичної ситуації та поточного графіку вартості генерації.

Виходячи з традиційної схеми впровадження енергозберігаючих заходів, першочерговим вбачається розробка та проведення заходів, які дозволяють збільшити термічний опір огорожуючих конструкцій досліджуваної будівлі. Це в першу чергу стосується:

- 1) встановлення рекуператорів тепла у систему вентиляції;
- 2) утеплення даху;
- 3) заміни люмінесцентних ламп на світлодіодні.

Застосування енергозберігаючих заходів дозволить скоротити теплоспоживання будівлі, що призведе до зменшення використання палива.

Разом зі скороченням споживання енергоресурсів, застосування енергозберігаючих заходів дозволяє зменшити викиди забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу.

При спалюванні органічних палив з метою обігрівання приміщень використовують спрощену формулу розрахунку валового викиду j -ої забруднювальної речовини E_j (т), що надходить в атмосферу з димовими газами енергетичної установки за звітний рік

$$E_j = 10^{-6} \cdot k_j \cdot B_i \cdot Q_{ni}^p, \quad (4.1)$$

де E_j – валовий викид j -ї забруднювальної речовини під час спалювання i -го палива за звітний рік, т;

k_j – показник емісії j -ї забруднювальної речовини для i -го палива, г/ГДж;

B_i – витрата i -го палива за звітний рік, т;

Q_{ni}^p – нижча робоча теплота згоряння i -го палива, МДж/кг, наприклад, для природного газу $Q_{ni}^p = 45,75 \text{ МДж} / \text{кг}$.

Як паливо у досліджуваному об'єкті використовують природний газ. При спалюванні природного газу виділяються такі забруднюючі речовини: оксиди азоту NO_x , оксид вуглецю CO , діоксид вуглецю CO_2 , оксид азоту N_2O , метан CH_4 . Показники емісії вказаних забруднюючих речовин подані нижче:

$$k_{NO_x} = 64,311 \text{ г} / \text{ГДж};$$

$$k_{CO} = 248,75 \text{ г} / \text{ГДж};$$

$$k_{CO_2} = 58748,13 \text{ г} / \text{ГДж};$$

$$k_{N_2O} = 0,1 \text{ г} / \text{ГДж};$$

$$k_{CH_4} = 1 \text{ г} / \text{ГДж}.$$

Витрата природного газу за рік

$$B = \rho \cdot V_{газ}, \quad (4.2)$$

де $V_{газ}$ – зекономлений об'єм газу, m^3 ;

ρ – густина природного газу при нормальних умовах, $\rho = 0,723 \text{ кг} / \text{м}^3$. [43]

За результатами розрахунку економії палива за рахунок запровадження енергозберігаючого заходу будемо визначати зменшення викидів забруднюючих газів, використовуючи формули (4.1), (4.2) згідно методики [43].

Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів [28]

4.1 Встановлення рекуператорів теплоти в систему вентиляції

Поточний стан

В будівлі передбачена приточно-витяжна система вентиляції з природним спонуканням. Приплив та видалення повітря в основному забезпечуються через спеціальні вентиляційні отвори. Видалення повітря реалізується за рахунок різниці тисків через вентиляційні канали, що виходять на дах.

Така організація системи вентиляції будинку призводить до втрат теплової енергії 51,7 % (301,713 кВт) з балансу (рис. 3.3) від загальних, що не забезпечує достатнього рівня енергозбереження в будівлі.

Опис можливостей з енергозбереження

Для забезпечення нормованого повітрообміну, який відповідає санітарно-гігієнічним нормам, в приміщеннях з природною вентиляцією, де постійно перебувають люди, пропонується встановити локальні пристрої вентиляції з рекуператорами теплоти.

Вентиляція приміщень відбувається за рахунок того, що система відбирає повітря з приміщення та скидає його на зовні, одночасно з чим примусово нагнітає свіже повітря до приміщення. При цьому повітряні потоки розділені між собою. За рахунок проходження повітряних потоків через систему мідних теплообмінників, розташованих всередині робочого модуля, тепле витяжне повітря віддає своє тепло холодному припливному. Таким чином, здійснюється ефективний повітрообмін приміщень та забезпечується, завдяки рекуперації, енергозберігаючий ефект. Коли вентиляція працює в літній період, в рекуператорі відбувається зворотній процес – кондиціонування. Підключення вентиляційної установки здійснюється до стаціонарної мережі зі змінним струмом, напругою 220 В та частотою 50 Гц.

Необхідно встановити приточно-витяжну установку з рекуператором ПРАНА 340 А (Україна) фірми ПРАНА [31]. Схематично принцип дії децентралізованої системи вентиляції зображено (рис. 4.1):

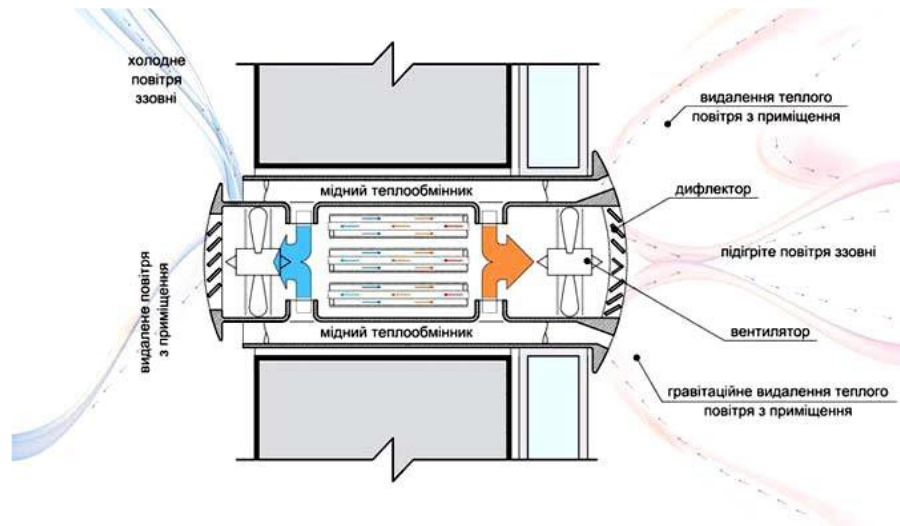


Рисунок 4.1 – Схема роботи пластинчастого рекуператора ПРАНА 340А

Проведемо розрахунок та підберемо установку для першого поверху будівлі.

Масова витрата вентилязованого повітря, кг/с:

$$\dot{m} = V_B \cdot \rho_n, \quad (4.3)$$

де ρ_n – густина повітря, яке вентилюється за нормальних умов, кг/м^3 ($\rho_n = 1,3 \text{ кг/м}^3$);

V_B – об’ємна витрата повітря, що вентилюється, $\text{м}^3/\text{с}$. Визначається, як:
- для природної вентиляції:

$$V_B = 0,28 \cdot V_{\Pi} \cdot n_k \cdot k_V \cdot 10^{-3}, \quad (4.4)$$

де V_{Π} – внутрішній об’єм приміщення, м^3 ;

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год^{-1} ($n_k = 1,5 \text{ год}^{-1}$);

k_V – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об’єму приміщення через розташування у ньому різного обладнання ($k_V = 0,9$).

За формулою (4.4):

$$V_B = 0,28 \cdot 1099 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} = 0,415 \text{ м}^3 / \text{с} = 1496 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

За формулою (4.3):

$$\dot{m} = 0,415 \cdot 1,3 = 0,54 \text{ кг/с}.$$

Враховуючі розрахункові умови, що масові витрати і теплоємності витяжного та припливного повітря однакові та результати рівнянь теплового балансу, величина економії теплової енергії на опалення приміщення після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції будівлі, кВт, визначається як:

$$\Delta Q_{PT} = \dot{m}_B \cdot c_{II} \cdot (t_B - (t_{з.р} + \Delta t_p)), \quad (4.5)$$

де t_B – температура витяжного повітря, $^{\circ}\text{C}$, ($t_B=20^{\circ}\text{C}$);

$t_{з.р}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$ ($t_{з.р}=-22^{\circ}\text{C}$);

Δt_p – величина зменшення температури витяжного повітря після рекуперації теплоти, $^{\circ}\text{C}$. Для практичних розрахунків береться з діапазону $\Delta t_p=10-15^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t_p=10^{\circ}\text{C}$);

c_{II} – питома масова ізобарна теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

За формулою (4.5) визначаємо економію теплової енергії на опалення приміщення після запровадження заходу:

$$\Delta Q_{PT} = 0,54 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-22 + 10)) = 17,37 \text{ кВт}.$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації, $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}$

$$Q_{PT}^{EK.pik} = \Delta Q_{PT} \cdot \frac{(t_{\text{в}}^{cp} - t_{cp.on})}{(t_{\text{в}}^{cp} - t_{3.p})} \cdot n_{p.p} \cdot n_{p.n}, \quad (4.6)$$

де ΔQ_{PT} – величина економії теплової енергії від рекуперації теплоти, кВт;

$t_{\text{в}}^{cp}$ – внутрішня температура приміщення будівлі, $^{\circ}\text{C}$ ($t_{\text{в}}=20$ $^{\circ}\text{C}$);

$t_{cp.on}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$ ($t_{cp.on} = -1,4$ $^{\circ}\text{C}$);

$t_{3.p}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$ ($t_{3.p}=-22$ $^{\circ}\text{C}$);

$n_{p.p}$ – тривалість періоду роботи системи рекуперації теплоти за добу, годин ($n_{p.p}=24$ год);

$n_{p.n}$ – тривалість робочого періоду у приміщенні за опалювальний рік, діб ($n_{p.n}=187$ діб).

За формулою (4.6) визначаємо річну економію на тепловтрати після встановлення системи рекуперації:

$$Q_{PT}^{EK.pik} = 17,37 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-22))} \cdot 24 \cdot 187 = 39716,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 34,15 \text{ Гкал}.$$

Кількість електроенергії, необхідної для функціонування установки, кВт · год/рік

$$E = n_{p.p} \cdot n_{p.n} \cdot P_y. \quad (4.7)$$

За формулою (4.7):

$$E = 3 \cdot 24 \cdot 187 \cdot 0,1 = 1346,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

На основі проведених розрахунків обрано децентралізована система вентиляції з рекуперацією тепла типу ПРАНА - 340А у кількості 3 модулі.

Характеристики децентралізованої системи вентиляції типу «ПРАНА - 340А» представлені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристики децентралізованої системи вентиляції типу «ПРАНА - 340А»

Назва моделі	ККД, %	Діаметр робочого модуля, мм	Об'єми повітрообміну при рекуперації, м ³ /год		
			приток	виток	ніч/min
Напівпромисловий рекуператор «ПРАНА - 340А»	67	340	540	520	50

У будівлі розташовано 14 поверхів типу 1 та 4 поверхи типу 2, якщо в кожному встановити децентралізовану систему вентиляції з рекуперацією, зменшення теплового навантаження на систему опалення за рахунок зменшення тепловтрат від вентиляції складе $\Delta Q = 229,9 \text{ кВт}$, економія теплової енергії за рік складе: 452 Гкал/рік . При цьому додаткові затрати на роботу системи на привід вентилятора складуть

$$E = (3 \cdot 4 + 14 \cdot 1) \cdot 24 \cdot 187 \cdot 0,1 = 12641,2 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Річна економія теплової енергії в грошовому еквіваленті від впровадження заходу

Необхідна кількість газу за опалювальний період для підігрівання теплоносія котлом визначалася за формулою:

$$V_{\text{газ}} = 24 \cdot 3600 \cdot \frac{\Delta Q}{\eta \cdot Q_n^p} \cdot \frac{t_6^{cp} - t_{cp.on}}{t_6^{cp} - t_3} \cdot n_{оп}, \quad (4.8)$$

де ΔQ – економія теплового навантаження системи опалення, кВт;

Q_n^p – нижча робоча теплота згоряння газу, яка дорівнює 35914 кДж/м^3 ;

η – ККД котла;

$n_{оп}$ – тривалість опалюваного періоду.

Необхідну кількість газу для підігрівання теплоносія для кожного значення теплового навантаження на рік розраховуємо за формулами (4.8)

$$V_{\text{газ}} = 24 \cdot 3600 \cdot 187 \cdot \frac{229,9}{0,93 \cdot 35914} \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} = 56665 \text{ м}^3.$$

З урахуванням, що вартість газу складає $C_{\text{газ}} = 8340$ грн/1000 м³ станом на 2020 рік для підприємств з урахуванням ПДВ, можемо розрахувати річні експлуатаційні затрати на опалення з використанням автономної котельні:

$$E_{\text{кот}} = C_{\text{газ}} \cdot \frac{V_{\text{газ}}}{1000} = 8340 \cdot \frac{56665}{1000} = 472586 \text{ грн.}$$

Вартість однієї установки – 15600 грн/шт. Загальна кількість пристроїв у об'єкті 26 шт.

Капітальні затрати на впровадження енергозберігаючого заходу з урахуванням вартості розробки проекту 30000 грн і вартості монтажних робіт $26 \cdot 3500 = 91000$ грн.

$$K = 26 \cdot 15600 + 30000 + 91000 = 526600 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності заходу

$$T_{\text{ок}} = \frac{526600}{472586} = 1,1 \text{ року.}$$

Розраховуємо зменшення викидів забруднюючих речовин.

Витрата природного газу за рік

$$B = 0,723 \cdot 56665 = 40968,8 \text{ кг} = 40,969 \text{ т},$$

Валовий викид оксидів азоту

$$E_{NO_x} = 10^{-6} \cdot k_{NO_x} \cdot Q_n^p \cdot B = 10^{-6} \cdot 64,311 \cdot 45,75 \cdot 40,969 = 0,121 \text{ m};$$

Валовий викид оксиду вуглецю

$$E_{CO} = 10^{-6} \cdot k_{CO} \cdot Q_n^p \cdot B = 10^{-6} \cdot 248,75 \cdot 45,75 \cdot 40,969 = 0,466 \text{ m}.$$

Валовий викид діоксиду вуглецю

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot k_{CO_2} \cdot Q_n^p \cdot B = 10^{-6} \cdot 58748,13 \cdot 45,75 \cdot 40,969 = 110,113 \text{ m}.$$

Валовий викид оксиду азоту

$$E_{N_2O} = 10^{-6} \cdot k_{N_2O} \cdot Q_n^p \cdot B = 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 45,75 \cdot 40,969 = 0,19 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

Валовий викид метану

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \cdot k_{CH_4} \cdot Q_n^p \cdot B = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 45,75 \cdot 40,969 = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

4.2 Утеплення даху

Необхідна товщина теплоізоляції

$$\delta_{ym} = \left[R_{q \min} - \left(\frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_s} \right) \right] \cdot \lambda_{ym}, \quad (4.9)$$

де λ_{ym} – теплопровідність теплоізолюючого матеріалу, обирається з [10], Вт/(м·К);

α_6, α_3 – те саме, що в формулі (3.2);

δ_i, λ_{ip} – те саме, що в формулі (3.2).

Капітальні затрати на теплоізоляцію, грн

$$K_{m.cm.} = F \cdot C_{m.iz.}, \quad (4.10)$$

де $K_{m.cm.}$ – капітальні затрати на придбання теплоізоляції, грн;

F – загальна площа зовнішніх стін, m^2 ;

$C_{m.iz.}$ – вартість 1 m^2 теплоізолюючого матеріалу із монтажем, грн.

Втрати тепла після утеплення стін

$$Q_{ym} = \frac{F_{ozp}}{R_{qmin}} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \quad Bm \quad (4.11)$$

де R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувачих конструкцій.

Економія теплового навантаження

$$\Delta Q = Q_0 - Q_{ym}, \quad Bm \quad (4.12)$$

Аналіз балансу теплової енергії показує, що велика частка витрат тепла припадає на витрати через таку огорожувальну конструкцію будівлі як дахове суміщене перекриття. Тому додаткове утеплення даху спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та оплату за спожиту теплову енергію.

Необхідно накласти теплоізоляцію зовні, оскільки такий спосіб має ряд переваг: утеплюється вся поверхня даху, попереджує передчасне руйнування даху. Що може бути викликане коливанням температур та атмосферними опадами.

Обираємо матеріал для утеплення – плити з мінеральної вати.

Товщина теплоізоляційного матеріалу:

$$R_{q\min} = 4,95 \frac{m^2 K}{Bm} \text{ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі;}$$

$$\lambda_{ym} = 0,037 \frac{Bm}{m \cdot K} \text{ – теплопровідність плити з мінеральної вати}$$

$$\delta_{ym} = (4,95 - 1,07) \cdot 0,037 = 0,144 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину плити з мінеральної вати 0,15 м.

Нове значення приведенного термічного опору даху після утеплення

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0055}{0,33} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,1}{0,13} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{23} = 5,12 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Вартість 1 м² плити з мінеральної вати товщиною 15 см з монтажем складає 300 грн/м².

Капітальні затрати на теплоізоляцію даху за формулою (4.10):

$$K_{дах} = 2197,5 \cdot 300 = 659250 \text{ грн.}$$

Втрати тепла після утеплення даху згідно формули (4.11)

$$Q_{ym} = \frac{2197,5}{5,12} \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 18023 \text{ Вт.}$$

Економія згідно формули (4.6)

$$\Delta Q = 86257 - 18023 = 68234 \text{ Вт}$$

або за опалюваний період у тепловому еквіваленті економія складе

$$\Delta Q_{ym} = 68234 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 134,1 \text{ Гкал/рік.}$$

Необхідну кількість газу для підігрівання теплоносія для кожного значення теплового навантаження на рік розраховуємо за формулами (4.8)

$$V_{газ} = 24 \cdot 3600 \cdot 187 \cdot \frac{68234 \cdot 10^{-3}}{0,93 \cdot 35914} \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-22)} = 16818 \text{ м}^3.$$

З урахуванням, що вартість газу складає $C_{газ} = 8340$ грн/1000 м³ станом на 2020 рік для підприємств з урахуванням ПДВ, можемо розрахувати річні експлуатаційні затрати на опалення з використанням автономної котельні:

$$E_{кот} = C_{газ} \cdot \frac{V_{газ}}{1000} = 8340 \cdot \frac{16818}{1000} = 140262 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності теплоізоляції даху

$$T_{ок.} = \frac{659250}{140262} = 4,7 \text{ року.}$$

Розраховуємо зменшення викидів забруднюючих речовин.

Витрата природного газу за рік

$$B = 0,723 \cdot 16818 = 12159,4 \text{ кг} = 12,159 \text{ т,}$$

Валовий викид оксидів азоту

$$E_{NO_x} = 10^{-6} \cdot k_{NO_x} \cdot Q_n^p \cdot B = 10^{-6} \cdot 64,311 \cdot 45,75 \cdot 12,159 = 0,036 \text{ т};$$

Валовий викид оксиду вуглецю

$$E_{CO} = 10^{-6} \cdot k_{CO} \cdot Q_n^p \cdot B = 10^{-6} \cdot 248,75 \cdot 45,75 \cdot 12,159 = 0,138 \text{ m}.$$

Валовий викид діоксиду вуглецю

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot k_{CO_2} \cdot Q_n^p \cdot B = 10^{-6} \cdot 58748,13 \cdot 45,75 \cdot 12,159 = 32,681 \text{ m}.$$

Валовий викид оксиду азоту

$$E_{N_2O} = 10^{-6} \cdot k_{N_2O} \cdot Q_n^p \cdot B = 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 45,75 \cdot 12,159 = 0,056 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

Валовий викид метану

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \cdot k_{CH_4} \cdot Q_n^p \cdot B = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 45,75 \cdot 12,159 = 0,556 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

Загальне зменшення викидів забруднюючих речовин за рахунок встановлення рекуператорів теплоти в систему вентиляції та утеплення даху.

Валовий викид оксидів азоту

$$E_{NO_x} = 0,121 + 0,036 = 0,157 \text{ m}.$$

Валовий викид оксиду вуглецю

$$E_{CO} = 0,466 + 0,138 = 0,604 \text{ m}.$$

Валовий викид діоксиду вуглецю

$$E_{CO_2} = 110,113 + 32,681 = 142,794 \text{ m}.$$

Валовий викид оксиду азоту

$$E_{N_2O} = 0,19 \cdot 10^{-3} + 0,056 \cdot 10^{-3} = 0,246 \cdot 10^{-3} \text{ т.}$$

Валовий викид метану

$$E_{CH_4} = 1,87 \cdot 10^{-3} + 0,556 \cdot 10^{-3} = 2,426 \cdot 10^{-3} \text{ т.}$$

4.3 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

Поточний стан

У будівлі встановлено 340 світильників по 4 люмінесцентні лампи потужністю 36 Вт у кожному. Отже, загальна кількість люмінесцентних ламп, встановлених у будівлі становить 1360 шт.

Люмінесцентні лампи є одними з низькоекономних, мають обмежений термін служби, є токсичними, яка може проявлятися лише при їх розгерметизації при розбиванні колби, а отже, такі лампи потребують спеціальних засобів з утилізації.

Опис можливостей енергозбереження

Необхідно провести заміну люмінесцентних ламп потужністю 36 Вт на енергозберігаючі світлодіодні лампи Т8 с цоколем G13, робочою напругою 220В, споживаною потужністю 9 Вт, яка складається з 87 світлодіодів SMD 3014 та має розсіяне світло [32].

Енергозберігаючі лампи мають ряд переваг: менше споживання потужності до 80 % при тій же кількості світла; в 4 рази більший строк служби порівняно з люмінесцентними лампами (приблизно 10000 годин); низькі затрати на обслуговування; світло ідентичне світлу люмінісцентної лампи, компактний розмір та з багатьма формами; «тепле» світло; миттєве включення без мерехтіння; не сліплять очі.

Розрахунок економічного ефекту та простого терміну окупності ЕЗЗ

Річне споживання електроенергії енергозберігаючими лампами та лампами розжарювання знаходимо за формулою:

$$W = n \cdot P \cdot t, \quad (4.13)$$

де n – кількість ламп, шт.;

P – потужність однієї лампи, $кВт$;

t – тривалість роботи лампи за рік ($t = 1600 год$), год.

Річне споживання електроенергії люмінесцентними лампами потужністю $36 Вт$ (4.13):

$$W_p = 1360 \cdot 0,036 \cdot 1600 = 78336 кВт \cdot год / рік.$$

Річне споживання електроенергії енергозберігаючими LED лампами:

$$W_{лн} = 1360 \cdot 0,009 \cdot 1600 = 19584 кВт \cdot год / рік.$$

Економія в грошовому еквіваленті

$$\Delta E = (W_p - W_{лн}) \cdot b, \quad (4.14)$$

де b – ціна за $1 кВт \cdot год$ електроенергії, $грн./кВт \cdot год$

$$\Delta E = (78336 - 19584) \cdot 2,15 = 126317 грн / рік.$$

Витрати на впровадження заходу:

$$K_{\text{л}} = n \cdot \text{Ц}, \quad (4.15)$$

де Ц – вартість лампи

$$K_{\text{л}} = 1360 \cdot 130 = 176800 \text{ грн.}$$

Розраховуємо простий термін окупності:

$$T = \frac{K_{\text{л}}}{\Delta E};$$

$$T = \frac{176800}{126317} = 1,4 \text{ року.}$$

Висновки за розділом 4

Для заощадження енергії і коштів були запропоновані енергозберігаючі заходи:

- встановлення рекуператорів тепла у систему вентиляції. Капітальні затрати на впровадження заходу – 526600 грн, економія – 472586 грн, термін окупності – 1,1 року;
- утеплення даху. Капітальні затрати на впровадження заходу – 659250 грн, економія – 140262 грн, термін окупності – 4,7 року;
- заміна люмінесцентних ламп на енергозберігаючі світлодіодні. Капітальні затрати на впровадження заходу – 176800 грн, економія – 126317 грн, термін окупності – 1,4 року.

У розділі було розраховано загальне зменшення викидів забруднюючих речовин за рахунок встановлення рекуператорів теплоти в систему вентиляції та утеплення даху. Валове річне зменшення викидів склало: оксидів азоту $E_{\text{NO}_x} = 0,157 \text{ т}$, оксиду вуглецю $E_{\text{CO}} = 0,604 \text{ т}$, діоксиду вуглецю $E_{\text{CO}_2} = 142,794 \text{ т}$, оксиду азоту $E_{\text{N}_2\text{O}} = 0,246 \cdot 10^{-3} \text{ т}$, метану $E_{\text{CH}_4} = 2,426 \cdot 10^{-3} \text{ т}$.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Об'єктом енергетичного обстеження є адміністративно-житлова будівля ПАТ "Український центр обслуговування пасажирів на залізничному транспорті України". Об'єкт являє собою 18-поверхову будівлю з залізобетонною основою та фасадним склінням і вентиляльованими "сендвіч-панелями", що опалюється від автономної газової котельні, має централізоване холодне водопостачання, каналізацію та автономне електричне гаряче водопостачання. Об'єкт має ресторан у якому знаходиться кухня, а готельний комплекс має пральню залу, санвузли знаходяться по всьому об'єкту: у приміщенні кожної кімнати готелю, а також у адміністративній частині будівлі. Коридори, туалетні та допоміжні приміщення мають природну вентиляцію, а конференц-зала, житлові кімнати готелю, ресторан і інші офісні приміщення мають вимушену вентиляцію, яка реалізується завдяки використанню мультизонального центрального кондиціонера.

На працюючих у будівлі та відпочиваючих може впливати ряд небезпечних і шкідливих чинників: аномальні температура, вогкість і рухливість повітря, аномальне освітлення, електричний струм, пожежа та інші чинники. Виходячи з цього, треба приділити велику увагу забезпеченню безпеки роботи устаткування, електробезпеки, нормативних метеорологічних умов на робочих місцях та забезпеченню необхідної освітленості на робочих місцях.

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів досліджуваного об'єкту

Шкідливими називають такі чинники, тривала дія яких на працівника в певних умовах може призвести до захворювання або зниження працездатності. Такими чинниками є: параметри мікроклімату, освітлення, шум, вібрація, електромагнітні поля.

5.1.1 Аналіз параметрів мікроклімату на об'єкті

До параметрів мікроклімату належать:

- температура повітря в робочому приміщенні;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря в приміщенні;
- інтенсивність теплового випромінювання;
- атмосферний тиск;
- температура поверхонь, що оточують робочу зону.

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату приміщень є [34].

Об'єкт забезпечується опаленням і припливно-витяжною вентиляцією відповідно до [35] з таким розрахунком, щоб у приміщеннях підтримувалась температура у межах 17–20 °С і відносна вологість повітря 40–60 %.

За результатами проведених вимірювань проведемо порівняльний аналіз оптимальних та дійсних параметрів мікроклімату на прикладі офісного приміщення на першому поверсі.

Таблиця 5.1 – Значення оптимальних та дійсних параметрів мікроклімату

Найменування параметрів	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Оптимальні	17–20	30–60	0,1–0,3
Дійсні	19	44	0,16

Таким чином, дійсні параметри задовольняють нормам (табл. 5.1).

5.1.2 Аналіз освітленості об'єкту

Основним нормативним документом, що регламентує показники природного та штучного освітлення є [36].

У обстежуваному об'єкті є природне та штучне освітлення.

Природне здійснюється з допомогою світлового потоку, який падає через віконні отвори. На вікнах розташовані штори затемнення.

Для штучного освітлення використовуються світильники з люмінесцентними лампами з світлорозсіювальною арматурою. В приміщенні

розміщено 6 світильників з 4 лампами по 18 Вт кожна. Вони розміщені рядами та передбачені ручним регулюванням. В офісному приміщенні, що розглядається, освітленість складає 250 лк., згідно проведених вимірювань – відповідає нормам [36].

5.1.3 Аналіз впливу шуму об'єкту

Основним нормативним документом, що регламентує показники шуму є [37].

Будівля об'єкту знаходиться у адміністративному районі міста, недалеко від проїжджої частини в оточенні жилих будинків та лікарень. Однак у будівлі використовуються сучасні склопакети, що суттєво зменшують вплив зовнішніх джерел звуку. У досліджуваному приміщенні і у об'єкті основним джерелом шуму є звуки пускорегулюючої арматури люмінесцентних ламп, а рівень шуму не перевищує 40 дБ. Рівень шуму в приміщеннях об'єкту не перевищує нормованих 50 дБ, тому шум не впливає на людей, що знаходяться в будівлі [37].

5.1.4 Аналіз впливу вібрації

Основним нормативним документом, що регламентує показники вібрації є [38].

У об'єкті дія вібрації на людей відсутня.

5.1.5 Аналіз дії випромінювань на об'єкті

Дія випромінювань (іонізуючих або теплових) на відвідувачів та працівників об'єкту відсутня.

Небезпечними називають такі чинники, які призводять в певних умовах до травматичних пошкоджень (порушення тканин організму і порушення його функцій) або інших раптових і різких порушень здоров'я. Це можуть бути: небезпека враження електричним струмом, отруєння речовинами.

5.1.6 Аналіз небезпеки враження електричним струмом на об'єкті

Всі електроустановки, що знаходяться в експлуатації ПАТ "Український центр обслуговування пасажирів на залізничному транспорті України" відносяться до установок з напругою до 1000 В.

Живлення електроенергією здійснюється від окремого ТП, напругою 0,4 кВ. Встановлена потужність (за договором з Київобленерго) 1200 кВт.

Виходячи з «Правил устроювання електроустановок» (ПУЕ) [39] всі приміщення будівлі відносяться до 2-ої категорії надійності. Найбільшої уваги заслуговують електрообладнання пральні та кухні ресторану, через надмірну вологість приміщень, що сприяє розтіканню струму при пошкодженні ізоляції, та через високу номінальну потужність працюючого обладнання і, як наслідок, небезпечно високі значення робочих струмів.

Все електрообладнання працює від мережі напругою 220 В і частотою 50 Гц. У приміщеннях відсутні відкриті струмопровідні частини з напругою більше 12 В. Ураження електричним струмом можливо тільки у разі несправності апаратури і кабелів живлення та при несанкціонованому доступі. Вся електропроводка проведена в захищених від людини місцях, що виключає можливість пошкодження її ізоляції працівниками.

Для захисту від ураження електричним струмом в будівлі передбачається:

- наявність заземлення або занулення всіх приладів з опором не більш 4 Ом;
- недоступність струмопровідних частин;
- застосована прихована електропроводка в захищаючих від механічних пошкоджень трубах;
- марковані роз'єми і розетки;
- передбачено аварійні рубильники відключення всього електроживлення на кожному поверсі;
- електричні розетки, вимикачі, електропроводи розміщені у місцях недоступних для дітей, які можуть перебувати у приміщеннях готелю та ресторану.

5.1.7 Аналіз повітря робочої зони об'єкту

У приміщеннях об'єкту отруєння шкідливими речовинами малоімовірно, тому що у об'єкті відсутні джерела з шкідливими викидами.

5.1.8 Аналіз пожежної безпеки об'єкту

Основним нормативним документом, що регламентує показники вібрації є [40, 41].

Значну увагу у досліджуваному об'єкті приділяють пожежній безпеці.

Приміщення будівлі ПАТ "Український центр обслуговування пасажирів на залізничному транспорті України" відносяться до пожежонебезпечних оскільки в приміщеннях знаходяться горючі речовини в холодному стані (документація, надруковані папери, дерев'яні меблі), тому об'єкт відносять до категорії "В" пожежонебезпечних приміщень [42].

Будівля оснащена первинними засобами пожежогасіння: внутрішніми пожежними водопроводами, ручними і пересувними вогнегасниками ОП-6(з), ОП-2(з), ОП-5(з) (всього 16 шт.), сухим піском.

У будівлі для ліквідації пожежі використовуються пожежні рукави, які знаходяться в пожежних ящиках з написом ПК. Щити протипожежного захисту оснащені ручними вогнегасниками. Приміщення будівлі оснащені системою пожежної сигналізації.

Проводяться організаційні заходи з навчання працівників правильному поведженню при евакуації з будівлі та правилам надання першої невідкладної медичної допомоги у разі виникнення надзвичайних ситуацій (ураження електричним струмом, пожежа тощо). На кожному поверсі розміщені евакуаційні плани на випадок виникнення пожежі.

У разі виявлення ознак пожежі (ознак горіння) кожен працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це службу порятунку за номером телефону – 101 (112). При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;

- вжити (по можливості) заходів до евакуації людей та збереження матеріальних цінностей, гасіння пожежі з використанням наявних вогнегасників та інших засобів пожежогасіння;

- повідомити про пожежу керівника чи відповідальну компетентну посадову особу та (або) чергового на об'єкті;

- викликати (за необхідності) інші аварійно-рятувальні служби (медичні, газорятувальну тощо).

Посадова особа об'єкта, що прибула на місце пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликані пожежно-рятувальні підрозділи (продублювати повідомлення);

- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію),

- видалити за межі небезпечної зони всіх працівників, не пов'язаних з ліквідацією пожежі;

- припинити роботи в будівлі (якщо це допускається технологічним процесом виробництва), крім робіт, пов'язаних із заходами щодо ліквідації пожежі;

- здійснити в разі необхідності відключення електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинення транспортуючих пристроїв, агрегатів, апаратів, перебікриття сировинних, газових, парових та водяних комунікацій, зупинення систем вентиляції в аварійному та суміжних з ним приміщеннях (за винятком пристроїв протидимового захисту) та вжити інших заходів, що сприяють запобіганню розвитку пожежі та задимленню будівлі;

- перевірити включення оповіщення людей про пожежу, установок пожежогасіння, протидимового захисту;

- організувати зустріч пожежно-рятувальних підрозділів, забезпечити безперешкодний доступ їх до місця виникнення пожежі та надати їм допомогу під час локалізації та ліквідації пожежі;

- одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію і захист матеріальних цінностей;

- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі.

У об'єкті необхідно дотримуватися Правил утримання технічних засобів

протипожежного захисту. відповідно до цих Правил будівлі та приміщення повинні оснащуватися установками пожежної сигналізації (УПС) та автоматичними установками пожежогасіння (АУП) відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Апаратура й устаткування, що входять до складу установок, повинні відповідати чинним стандартам, технічним умовам, документації заводів-виробників, мати сертифікат відповідності й бути без дефектів.

Всі установки мають бути справними і утримуватися в постійній готовності для виконання завдань, що стоять перед ними. Несправності, які впливають на їх працездатність, необхідно усувати негайно, інші несправності усуваються в передбачені регламентом терміни, при цьому необхідно робити записи у відповідних журналах.

Для утримання в працездатному стані УПС та АУП слід виконувати такі заходи:

- технічне обслуговування з метою збереження показників безвідмовної роботи на весь термін служби;
- матеріально-технічне (ресурсне) забезпечення для безвідмовної роботи в усіх режимах експлуатації, підтримання і своєчасне відновлення працездатності;
- опрацювання необхідної експлуатаційної документації для обслуговуючого й чергового персоналу.

Організації, які здійснюють технічне обслуговування, монтаж та налагодження установок, повинні мати ліцензію на право виконання цих робіт. Шлейфи пожежної сигналізації, лінії керування та зв'язку повинні постійно контролюватися на режим „ГОТОВНІСТЬ” та піддаватися періодичним випробуванням на режим „ТРИВОГА” та „УСТАНОВКА СПРАЦЮВАЛА” згідно з планом-графіком.

Пожежні сповіщувачі повинні функціонувати цілодобово і постійно утримуватися в чистоті. До них має бути забезпечений вільний доступ. Відстань від складованих матеріалів і устаткування до сповіщувачів повинна бути не менше 0,6 м. Не допускається встановлювати замість несправних сповіщувачів сповіщувачі іншого типу або принципу дії, а також замикати шлейф сигналізації

за відсутності сповіщувачі у місці його встановлення.

Переведення установок з автоматичного пуску на ручний не допускається, за винятком випадків, обумовлених у нормативних документах. Пристрої ручного пуску автоматичних установок пожежогасіння повинні бути опломбовані, захищені від несанкціонованого приведення в дію та механічних пошкоджень і встановлюватися поза можливою зоною горіння в доступному місці.

Для визначення їх місцезнаходження повинні застосовуватися знаки протипожежної безпеки, розміщені як усередині, так і поза приміщенням. Зрошувачі й насадки повинні постійно утримуватися в чистоті, під час проведення ремонтних робіт бути захищеними від потрапляння на них фарби, побілки тощо.

У місцях, де є небезпека механічного пошкодження, їх необхідно захищати надійними огорожами, які не впливають на поширення тепла (для спринклерних зрошувачів) і не змінюють карту зрошування. Не допускається встановлювати замість тих що спрацювали, та несправних зрошувачів пробки й заглушки.

Забороняється:

- використовувати трубопроводи АУП для підвішування або кріплення будь-якого устаткування;
- приєднувати виробниче устаткування та санітарні прилади до трубопроводів живлення АУП;
- встановлювати запірну арматуру та фланцеві з'єднання на трубопроводах живлення та розподільних трубопроводах.

Навчальні корпуси, гуртожитки і приміщення повинні бути обладнані системами протидимового захисту, технічними засобами оповіщення про пожежу та засобами зв'язку відповідно до вимог будівельних норм. Не рідше одного разу на місяць слід проводити випробування систем протидимового захисту з увімкненням вентиляторів (ручним способом або від пожежних сповіщувачів), про що складати акт.

Для підтримування систем проти димної вентиляції у працездатному стані необхідно:

- щотижня перевіряти стан вентиляторів, виконавчих механізмів, положення клапанів, заслінок;
- наявність замків та пломб на щитах електроживлення автоматичних пристроїв, захисного засклення на кнопках ручного пуску;
- періодично очищати від бруду та пилу (у зимовий час – від обледеніння) вентиляційні решітки, клапани, виконавчі механізми, плавкі замки, кінцеві вимикачі;
- регулювати натяг пасів трансмісії вентиляційних агрегатів, усувати несправності електричних пристроїв, вентиляційних установок, порушення цілості повітроводів та їх з'єднань.

Мережі протипожежного водопроводу мають забезпечувати нормативні витрати й напір води. Перевірка працездатності пожежних гідрантів повинна здійснюватися особами, що відповідають за їх технічний стан, не рідше двох разів на рік (навесні й восени). Кришки люків колодязів підземних пожежних гідрантів повинні бути очищені від бруду, льоду і снігу, в холодний період утеплені, а стояки – звільнені від води. Кришки люків колодязів підземних гідрантів рекомендується фарбувати в червоний колір. У разі відключення ділянок водогінної мережі та гідрантів або зменшення тиску мережі нижче за потрібний необхідно сповіщати про це підрозділи пожежної охорони. Для контролю працездатності мережі зовнішнього протипожежного водопостачання необхідно один раз на рік проводити випробування на тиск та витрату води з оформленням акта. Випробування водогону повинне проводитися також після кожного ремонту, реконструкції або підключення нових споживачів до мережі водогону.

Декілька слів про заходи з пожежної безпеки для службових (адміністративних) приміщень об'єкту.

Ця інструкція поширюється на службові (адміністративні) приміщення ПАТ "УЦОП" й визначає вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки в них.

Інструкція є обов'язковою для вивчення й виконання відповідальною особою за пожежну безпеку, всіма працівниками, які перебувають у службових (адміністративних) приміщеннях, а також обслугою.

Будь-які перепланування, зміни функціонального призначення приміщень здійснювати тільки за наявності проектної документації, яка пройшла попередню експертизу на відповідальність нормативним актам з питань пожежної безпеки з позитивним результатом в органах державного пожежного нагляду. Меблі та устаткування мають розміщатися так, щоб забезпечити вільний евакуаційний прохід до виходу з приміщення (завширшки не менше 1,0 м).

Евакуаційні шляхи та виходи слід завжди утримувати вільними, нічим не захащеними. В міру накопичення горючих відходів (використаного паперу тощо), а також після закінчення роботи їх слід прибирати у спеціально відведені сміттєзбірники.

Електромережі, електроприлади та апаратура повинні експлуатуватися тільки у справному стані з урахуванням вказівок і рекомендацій заводів-виробників. У разі пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електроприладів слід негайно вимкнути їх і вжити необхідних заходів щодо приведення до пожежобезпечного стану.

Документи, папір та інші горючі матеріали слід зберігати на відстані, не менше 1,0 м від електрощитів, електрокабелів, проводів; 0.5 м – від світильників; 0.25 м – від приладів опалення. Шляхи евакуації, що не мають природного освітлення, у разі наявності людей повинні постійно освітлюватись електричним світлом. Електрощити, групові електрощити повинні бути оснащені схемами підключення споживачів з пояснювальними написами і вказаним значенням номінального струму апарата захисту (плавкої вставки).

Встановлення на горючі основи (конструкції) електророзеток, вимикачів, перемикачів та інших подібних апаратів допускається тільки з підкладанням під них суцільного негорючого матеріалу, що виступає за габарити апарата не менш ніж на 0,01 м. Засоби протипожежного захисту слід утримувати у справному стані. Всі працівники зобов'язані вміти користуватися наявними вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогасіння та внутрішніми пожежними кранами, знати місця їх розташування. Відстань від найвіддаленішого місця приміщення до найближчого вогнегасника не повинна перевищувати 20 м.

Пожежні сповіщувачі повинні функціонувати цілодобово і постійно утримуватися в чистоті. До них має бути забезпечений вільний доступ.

Відстань від складованих матеріалів і устаткування до сповіщуючих засобів повинна бути не менше 0,6 м. У всіх, незалежно від призначення, приміщеннях, які після закінчення роботи замикаються і не контролюються черговим персоналом, з усіх електроустановок та електроприладів, а також з мереж їх живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення протипожежних та охоронних установок, а також електроустановок, що за вимогами технології працюють цілодобово).

У службових (адміністративних) приміщеннях забороняється:

- улаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні некалібровані плавкі вставки в запобіжниках і саморобні подовжувачі, які не відповідають вимогам Правил

- улаштування електроустановок, прокладати електричні проводи безпосередньо по горючій основі, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами);

- використовувати вимикачі та штепсельні розетки для розвішування на них одягу або інших предметів, обгортати електролампи й світильники папером, заклеювати ділянки електропроводки горючою тканиною, папером;

- користуватися електрочайниками, мікрохвильовими печами та ін. (окрім спеціально відведених та обладнаних місць), залишати без нагляду ввімкнені в електромережу кондиціонери, комп'ютери, інше електроустаткування тощо, порушувати правила експлуатації електроприладів;

- захарашувати підходи до засобів пожежогасіння, використовувати пожежні кран-комплекти й пожежний інвентар не за призначенням;

- використовувати для зберігання документів, різних матеріалів, предметів та інвентарю шафи (ніші) інженерних комунікацій;

- курити (крім спеціально відведених місць, позначених написом “МІСЦЕ ДЛЯ КУРІННЯ“ та обладнаних урною або попільничками з негорючого матеріалу), проводити зварювальні та інші вогневі роботи без оформлення відповідного дозволу (наряду-допуску), застосовувати ЛЗР.

Відповідальний за пожежну безпеку після закінчення роботи зобов'язаний:

- ретельно оглянути всі службові приміщення, пересвідчитись у тому, що нема порушень, які можуть призвести до виникнення пожежі;
- вимкнути освітлення, знеструмити прилади та устаткування (за винятком електроустаткування, яке відповідно до вимог технології має працювати цілодобово).

5.2 Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті

Проведення вимірювань на об'єкті полягає у вимірюванні параметрів мікроклімату (температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, атмосферного тиску), освітленості приміщень, забрудненості робочої зони приміщень пилом та шкідливими газами. Також для виконання теплотехнічного розрахунку можливий розрахунок кратності повітрообміну системи вентиляції та вимірювання лінійних розмірів елементів конструктивних елементів будівлі і лінійних розмірів приміщень і будівлі у цілому. З цією метою використовують засоби контактного та безконтактного вимірювання температури (термоелектричні термометри, термометри розширення, пірометри), барометр (атмосферний тиск), анемометр (швидкість повітря), фотометр (освітленість). Лінійні розміри вимірюють за допомогою лінійки, рулетки, штангенциркуля з глибиноміром, лазерного дальноміра.

Для своєї роботи вказані вище вимірювальні прилади можуть використовувати джерела автономного живлення (літій-іонні акумуляторні батареї, лужні батареї) або джерела живлення від зовнішньої мережі з напругою 230 В.

Перед використанням приладу працівник повинен ознайомитися з інструкцією з експлуатації приладу, перевірити його працездатність, наявність періодичної повірки із позначкою у паспорті до приладу. Категорично забороняється самостійно змінювати конструкцію приладу, виконувати його ремонт.

Відповідальний працівник, що виконує вимірювання повинен пройти інструктаж з техніки безпеки і розписатися у журналі реєстрації інструктажів (ГОСТ 12.0.004-90), які веде відповідальна особа на об'єкті.

Під час виконання вимірювань необхідно бути уважним, не відволікатися сторонніми справами і розмовами.

Забороняється залишати без нагляду вимірювальний прилад, що знаходиться під напругою, допускати до роботи з ним сторонніх осіб.

Необхідно стежити за відповідністю паспортної характеристики джерела живлення вимірювального приладу тому, що використовується при його роботі.

При використанні для вимірювань лазерного дальноміра категорично забороняється наводити його промінь на дзеркальні поверхні, людей, тварин.

При вимірюванні температури приладів системи опалення необхідно утримуватися від безпосереднього контакту тіла з гарячою поверхнею. Це може спричинити опіки.

Для вимірювання температури забороняється використовувати ртутні термометри. Пара ртуті – отруйна речовина, та у разі розбиття термометра може зашкодити біологічним організмам, що постійно перебувають у тому самому приміщенні.

При вимірюванні швидкості руху повітря забороняється доторкатися руками до обертової крильчатки вентилятора, до чашечок і крильчаток анемометра.

Вимірювати швидкість руху повітря анемометром на відстані не ближче 0,4 м від вентилятора.

Перед увімкненням електричних приладів необхідно впевнитися у придатності електричного шнура та штепсельної вилки, перевірити наявність занулення або заземлення.

У процесі виконання вимірювань не доторкатися до оголених кінців проводів, металевих затискачів, затискачів вимірювальних приладів, апаратів електродвигунів або іншого обладнання, що знаходиться під напругою. Напруга приладу понад 36 В небезпечна для життя.

Не допускається працювати з електричними приладами у вологому одязі, братися за них мокрими руками. При виявленні несправності електричного приладу необхідно негайно відімкнути його від джерела живлення і повідомити про це відповідальній особі.

Забороняється знімати захисні пристрої з апаратів, приладів, обладнання.

При виконанні вимірювань поблизу об'єктів, що несуть підвищену небезпеку без їх зупинку необхідно дотримуватися техніки безпеки для цих об'єктів.

При нещасному випадку необхідно миттєво видалити постраждалого з під дії шкідливого впливу та негайно надати йому невідкладну медичну допомогу. За необхідності швидко медичну допомогу за номером телефону 103.

У випадку пожежі об'єкт необхідно аварійно відімкнути від всіх джерел електричного живлення та вжити заходів щодо ліквідації пожежі. За необхідності викликати пожежну команду за номером телефону 101.

Після закінчення вимірювальних робіт усі вимірювальні прилади необхідно відімкнути від джерел живлення, прилади скласти у заводську упаковку, якщо така передбачена виробником, усі предмети і об'єкти, які під час виконання вимірювань були зрушені зі своїх місць, необхідно повернути назад. Усі робочі місця привести у належний стан.

Висновки з розділу 5

У розділі було розглянуто потенційні небезпечні та шкідливі фактори, що можуть вплинути на персонал: параметри мікроклімату, а саме температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання, а також проаналізовано освітленість об'єкту, вплив шуму, вібрації, визначено небезпечні фактори враження електричним струмом на об'єкті і пожежна безпека. Додатково розглянуто питання техніки безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті.

ВИСНОВКИ

У роботі представлені вихідні дані щодо конструктивних особливостей будівлі та її розташування на місцевості, наявних джерел енергопостачання, об'ємів споживання енергоресурсів, вузлів обліку спожитих ресурсів тощо.

Проведений аналіз споживання теплової енергії, електричної енергії, холодної води за питомими показниками споживання, порівняння визначених питомих показників фактичного споживання з нормативними показує деяку невідповідність фактичних показників та нормативних. Відхилення становлять 9,2 % (клас енергоефективності будівлі D) та 54 % для водоспоживання. Досить суттєва розбіжність у водоспоживанні пояснюється неможливістю врахування точної кількості мешканців.

Для заощадження енергії і коштів були запропоновані енергозберігаючі заходи:

- встановлення рекуператорів тепла у систему вентиляції. Капітальні затрати на впровадження заходу – 526600 грн, економія – 472586 грн, термін окупності – 1,1 року;
- утеплення даху. Капітальні затрати на впровадження заходу – 659250 грн, економія – 140262 грн, термін окупності – 4,7 року;
- заміна люмінесцентних ламп на енергозберігаючі світлодіодні. Капітальні затрати на впровадження заходу – 176800 грн, економія – 126317 грн, термін окупності – 1,4 року.

У роботі також було розраховано загальне зменшення викидів забруднюючих речовин за рахунок встановлення рекуператорів теплоти в систему вентиляції та утеплення даху. Валове річне зменшення викидів склало: оксидів азоту $E_{NO_x} = 0,157 \text{ т}$, оксиду вуглецю $E_{CO} = 0,604 \text{ т}$, діоксиду вуглецю $E_{CO_2} = 142,794 \text{ т}$, оксиду азоту $E_{N_2O} = 0,246 \cdot 10^{-3} \text{ т}$, метану $E_{CH_4} = 2,426 \cdot 10^{-3} \text{ т}$.

У розділі охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях було розглянуто потенційні небезпечні та шкідливі фактори, що можуть вплинути на персонал: параметри мікроклімату, а саме температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання, а

також проаналізовано освітленість об'єкту, вплив шуму, вібрації, визначено небезпечні фактори враження електричним струмом на об'єкті і пожежна безпека. Додатково розглянуто питання техніки безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті.

Список літератури

1. Шастун С. В. Комплексна оцінка стану енергоефективності в Україні / К : Технологический аудит и резервы производства. – № 6/5(32), 2016. – С. 36-41.
2. Аналіз існуючого стану в сфері енергоефективності та відновлюваної енергетики / Львів : Інститут регіонального розвитку, 2018. – 281 с.
3. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <https://siverskagromada.gov.ua/aktualnist-pitan-energozberezhennya-15-10-52-14-11-2017/> Актуальність питань енергозбереження.
4. Олефіренко О. М. Використання інноваційних енергозберігаючих технологій у житлово-комунальному господарстві / Механізм регулювання економіки. – № 4, Т. 2, 2004. – С. 135-142.
5. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <https://ips.ligazakon.net/document/FIN41650> Комплексна державна програма енергозбереження України.
6. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <http://www.analytpribor.ru/?page=137> Лазерний пірометр MiniTemp.
7. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <https://www.testo.kiev.ua/ru/testo-605-n1.html>. Термогірометр Testo 605-N1.
8. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <http://prom.ua/Ruletki> Вимірювальна рулетка.
9. Курилов А. Ф. Теплотехнічні вимірювання і прилади : навч. посіб. / А. Ф. Курилов, В. М. Козін. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 188 с.
10. Павленко П. М. Математичне моделювання систем і процесів : навч. посіб. / П. М. Павленко, С. Ф. Філоненко, О. М. Чередніков, В. В. Трейтяк. – К. : НАУ, 2017. – 392 с.
11. Сучасні обчислювальні комплекси : конспект лекцій / укладачі: А. В. Загорулько, Д. О. Кайота. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 48 с.

12. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – https://pidru4niki.com/88677/informatika/pobudova_diagram_grafikov/ Побудова діаграм та графіків.

13. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – Введ. 08.07.2016 р. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 30 с.

14. ДБН В.2.5-28-2006. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К., 2006.

15. СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий. Является переизданием СНиП 2.04.01-85 с изменением № 1, утвержденным постановлением Госстроя СССР от 28 ноября 1991 г. № 20, и изменением № 2, утвержденным постановлением Минстроя России от 11 июля 1996 г. № 18-46.

16. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – https://uk.wikipedia.org/wiki/Український_центр_по_обслуговуванню_пасажирів_на_залізничному_транспорті_України.

17. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <http://railwayukr.com>

18. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – https://alutech-group.com/product/profiles/altf50system/facad_altf50/

19. G10, G16, G25, G40 Счетчики газа мембранные. Паспорт : V1.0-2010.11. – Itron, 2010. – 11 с.

20. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <https://www.ru.korado.com/produkty/radik.html> Опалювальна панель типу Radik.

21. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <https://kolvi.org.ua/produksiya/promyshlennye-kotly/gazovye-kotly-dlya-topchnykh-50-100-kvt/gazovye-vodogrejnye-kotly/kolvi-120> Котли марки КОЛВІ.

22. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <http://thermolux.com.ua/products/schetchik-gaza-metrix-g25> Лічильник газу марки METRIX G25.

23. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <https://elmisto.com.ua/p35237583-elektroschetchik-nik-2301.html> Лічильник активної енергії типу НІК.

24. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – https://energooblik.com.ua/services/_rozrobka-ta-vprovadzhennya-askoe Система АСКОВ.

25. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – https://bt.rozetka.com.ua/brille_111204_1/p46141160/ Світильник BS-24/4x18 FORA.

26. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – http://teplosvitlviv.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=951 Лічильник крильчастий муфтовий GROSS MNK-UA.

27. ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010. Будівельна кліматологія. – Введ. 01.11.2011. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.

28. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію під час впровадження енергозбережних заходів» із дисципліни «Енергозбереження будівель і споруд» / укладачі: С. С. Антоненко, В. М. Козін, Е. В. Колісніченко. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 50 с.

29. ДБН В.2.5–67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Введ. 01.01.2014. – К. : «Укрархбудінформ», 2013. – 141 с.

30. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. – К., 2005.

31. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://prana.org.ua/characteristics> Рекуператор ПРАНА.

32. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://prom.ua/Svetodiodnye-lampy-t8-tsokol-g13-1.html> Світлодіодні лампи Т8 с цоколем G13.

33. [Електронний інтернет-ресурс] : https://bt.rozetka.com.ua/brille_111204_1/p46141160/ Світильник BS-24/4x18 FORA.

34. [Електронний інтернет-ресурс]: ДНАОП 0.03-3.15-86. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень (СН4088-86) http://forca.com.ua/knigi/pravila/pravila-ohoroni-praci-pri-ekspluatacii-pralen-ta-lazen_5.html.

35. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» – К.: Мінрегіон України, 2013. – 149 с.

36. ДБН В.2.5-28-2006. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К., 2006.
37. [Електронний інтернет-ресурс]: ДНС 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку МОЗ України <http://dnop.com.ua/dnaop/act4878.htm>.
38. ГОСТ 12.1.012 - 90. Вибрация. Общие требования безопасности. – М. : Стандартиформ, 2006. – 30 с.
39. [Електронний інтернет-ресурс]: ПУЭ-85 [http:// tehdoc.ru](http://tehdoc.ru).
40. [Електронний інтернет-ресурс]: ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. Система стандартов безопасности труда <http://vsegost.com/Catalog/32/3254.shtml>.
41. ДБН В.1.1-7-02. Державні будівельні норми України. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
42. [Електронний інтернет-ресурс]: ОНТП 24-86. Определение категории помещений и зданий по взрывной и пожарной опасности <http://tehdoc.ru>.
43. [Електронний інтернет-ресурс] : Режим доступу – <http://www.te.ukrstat.gov.ua/files/respondent/2tp.pdf> Пояснення щодо розрахунку обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел для заповнення форми № 2-ТП (повітря) "Звіт про охорону атмосферного повітря"

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Обсяги споживання електричної енергії за 2017 – 2019 роки

Місяць	2017 р.		2018 р.		2019 р.	
	тис. кВт·год	тис. грн	тис. кВт·год	тис. грн	тис. кВт·год	тис. грн
Січень	15,0	24,90	13,8	27,88	13,2	28,38
Лютий	19,4	32,20	17,9	36,16	18,6	39,99
Березень	25,2	41,83	24,8	50,10	25,5	54,825
Квітень	20,0	33,20	21,6	43,63	20,2	43,43
Травень	25,6	42,50	24,1	48,68	24,5	52,675
Червень	26,7	44,32	25,6	51,71	28,8	61,92
Липень	26,9	44,65	28,8	58,18	26,5	56,975
Серпень	27,8	46,15	26,2	52,92	27,3	58,695
Вересень	25,1	41,67	25,1	50,70	24,0	51,6
Жовтень	21,2	35,19	18,6	37,57	20,6	44,29
Листопад	19,8	32,87	17,8	35,96	18,6	39,99
Грудень	15,8	26,23	19,1	38,58	17,4	37,41
Рік	268,5	445,71	263,4	532,07	265,2	570,18

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Обсяги споживання природного газу за 2017 – 2019 роках

Місяці	2017 р.		2018 р.		2019 р.	
	тис. м ³	тис. грн	тис. м ³	тис. грн	тис. м ³	тис. грн
Січень	117,5	800,18	105,2	1016,23	111,3	1539,28
Лютий	87,1	593,15	83,4	805,64	86,2	1192,15
Березень	58,3	397,02	55,8	539,03	61,3	847,78
Квітень	–	–	–	–	–	–
Травень	–	–	–	–	–	–
Червень	–	–	–	–	–	–
Липень	–	–	–	–	–	–
Серпень	–	–	–	–	–	–
Вересень	–	–	–	–	–	–
Жовтень	57,8	393,62	61,2	591,19	59,5	822,89
Листопад	86,3	587,7	82,6	797,92	85,0	1175,55
Грудень	120,1	817,88	108,4	1047,14	110	1521,30
Рік	527,1	3589,6	496,6	4797,16	513,3	7098,94

Додаток В

Таблиця В.1 – Обсяги холодного водопостачання у 2017 – 2019 роках

Місяць	2017 р.		2018 р.		2019 р.	
	тис. м ³	тис. грн	тис. м ³	тис. грн	тис. м ³	тис. грн
Січень	0,9	8,69	1,2	11,59	0,9	12,45
Лютий	1,0	9,66	1,3	12,56	0,8	11,06
Березень	1,1	10,63	0,9	8,69	0,7	9,68
Квітень	1,0	9,66	1,1	10,63	0,8	11,06
Травень	1,1	10,63	1,2	11,59	0,9	12,45
Червень	1,1	10,63	1,3	12,56	1,0	13,83
Липень	1,2	11,59	1,3	12,56	1,1	15,21
Серпень	1,2	11,59	1,3	12,56	1,0	13,83
Вересень	1,0	9,66	1,4	13,52	1,1	15,21
Жовтень	0,9	8,69	0,9	8,69	0,8	11,06
Листопад	1,0	9,66	0,9	8,69	0,9	12,45
Грудень	0,9	8,69	0,8	7,73	0,8	11,06
Рік	12,4	119,78	13,6	131,38	10,8	149,36