

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

Політова Аліна Ігорівна

ТЕМА: Дослідження ефективності систем енергопостачання будівлі
бюджетної установи

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)

Мандрика А.С.

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

К.Т.Н ДОЦЕНТ

_____ (наукове звання та наукова ступінь)

Суми – 2019

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика» (Енергетичний менеджмент)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

студента

_____ Політова Аліна Ігорівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи: «Дослідження ефективності систем енергопостачання будівлі бюджетної установи»
затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2019 р
- 2 Термін здачі студентом закінченої роботи - до 16.12.2019 р
- 3 Вихідні дані до магістерської роботи: Результати аналітичного вивчення інформації щодо актуальності проведення розрахункових робіт за темою магістерської роботи
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ:

Розділ 1 – Аналіз показників фактичного енергоспоживання будівлі.

Розділ 2 – Загальна характеристика, основні показники та режими функціонування досліджуваного об'єкту.

Розділ 3 – Методи та методика проведення досліджень.

Розділ 4 – Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.

Розділ 5 – Розробка можливих енергозберігаючих заходів, спрямованих на підвищення ефективності споживання енергетичних ресурсів у будівлі.

Розділ 6 – Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

* Відповідає формі № 24 наказу Мінвузу СРСР від 6 квітня 1983 р. №429

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 11.09.2019 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 11.09 до 08.12.2019	
2	Захист переддипломної практики	до 12.12.2019	
3	Виконання 1-го розділу	до 31.10.2019	
4	Виконання 2-го розділу	до 06.11.2019	
5	Виконання 3-го розділу	до 13.11.2019	
6	Виконання 4-го розділу	до 20.11.2019	
7	Виконання 5-го розділу	до 06.12.2019	
8	Виконання 6-го розділу	до 15.12.2019	
9	Представлення виконаної роботи	до 16.12.2019	
10	Проходження перевірки на плагіат	до 21.12.2019	
11	Проведення захисту роботи	з 23.12 до 29.12.2019	

Студент-магістр

_____ (підпис)

Керівник випускної роботи

_____ (підпис)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

Умовні позначення

N - потужність, кВт;

η - коефіцієнт корисної дії;

V – об'єм, м³;

F – площа, м²;

H – висота, м;

L – довжина, м;

B – ширина, м.

Індекси та скорочення

ρ - густина повітря

n_k - кратність повітрообміну приміщення

k_V - коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення

e_n – коефіцієнт природнього освітлення;

\emptyset – діаметр.

Абревіатура

ІТП – індивідуальний тепловий пункт.

ККД – коефіцієнт корисної дії.

ППУ – пінополіуретан.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 68 сторінок, 15 рисунків, 12 таблиць, 34 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: системи енергозабезпечення будівлі навчального закладу.

Мета роботи: підвищення ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій, 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 використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Поставленими задачами дослідження є:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації огорожуючих конструкцій та систем енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА, ПРОГНОЗУВАННЯ, ПРОМЕТР, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЗАХІД, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ/

Тема роботи – Дослідження ефективності систем енергопостачання будівлі бюджетної установи

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП

7

1 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ФАКТИЧНОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

БУДІВЛІ..... 10

1.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії. 10

1.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії 11

1.3 Аналіз обсягів споживання холодної води 13

1.4 Аналіз обсягів споживання гарячої води..... 14

1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв..... 16

1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії..... 16

1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії..... 18

1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання води..... 18

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ..... 19

2.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження..... 19

2.2 Опис дійсного стану об'єкта..... 20

2.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта. 21

2.3.1 Система тепlopостачання..... 21

2.3.2 Система електропостачання..... 21

2.3.3 Система водопостачання та водовідведення..... 22

2.3.4 Система вентиляції..... 22

2.3.5 Система обліку споживання енергоресурсів..... 22

2.4 Існуючі тарифи на енергоносії та воду..... 26

3 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 27

3.1 Проведення вимірювань за допомогою приладів..... 27

3.2 Результати проведеного вимірювання..... 30

3.3 Алгоритм проведення 30

4 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ

ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ..... 36

4.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій..... 36

4.2 Визначення видів тепловтрат будівлі..... 37

4.3 Визначення видів теплонадходжень по будівлі..... 43

5 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ, СПРЯМОВАНИХ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У БУДІВЛІ.....	48
5.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів	48
5.2 Опис заходів	48
5.2.1 Встановлення індивідуального теплового пункту.....	48
5.2.2 Встановлення насадки-аератора на крани для холодної та гарячої води	50
5.2.3 Утеплення огорожувальних конструкцій (стеля).....	51
5.2.4 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.....	53
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
6.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих факторів досліджуваного об'єкту.....	56
6.2 Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкт.....	59
6.3 Порядок організації евакуації працюючих із бюджетної установи.....	61
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

ВСТУП

Для економічного розвитку будь-якої держави велике значення має ефективність споживання енергетичних ресурсів. Це зумовлено багатьма факторами, серед яких одним із головних є недостатній рівень забезпеченості України власними енергетичними ресурсами. Скорочення світових запасів вичерпних природних енергетичних ресурсів, які становлять основу енергетичного балансу України, а саме нафти, вугілля та природного газу, зумовлює безупинне їх подорожчання, а геополітичні проблеми утруднюють імпортування. Це ставить під загрозу надійність функціонування галузей народного господарства України. Загострюється проблема ефективного споживання енергетичних ресурсів в Україні застосуванням застарілих технологій, високим рівнем зносу основних засобів, високим рівнем витрат на виробництво продукції тощо. Водночас ефективність використання енергетичних ресурсів має безпосередній вплив на показники, що характеризують конкурентоспроможність та ефективність діяльності галузей народного господарства, а отже, і держави в цілому [1].

Упродовж багатьох років українська економіка базувалася на використанні дешевих і доступних енергоресурсів – зокрема, природного газу (переважно російського походження) і вугілля (насамперед власного видобутку). Безперебійність, доступність і прийнятна ціна ресурсів аж ніяк не стимулювали ні державу, ні населення до їх ощадливого використання. Однак, збіг критичних обставин останніми роками (збройний конфлікт на Сході країни, значна імпортна залежність від енергетичних ресурсів, незадовільний стан основних фондів тощо) зумовили піднесення питання енергоефективності на перші пункти порядку денного виживання та відновлення української економіки.

Питання енергоефективності та ощадливого використання енергетичних ресурсів уже довгий час є насущним для багатьох країн світу. Дедалі більша їх кількість намагається вирішити проблему ефективного використання енергоресурсів у спосіб впровадження новітніх технологій. І Україна, мірою власних можливостей, не стоїть осторонь таких тенденцій [2].

Актуальність теми

Нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів, недостаток у підприємств коштів для сучасного оновлення основних фондів, неповне завантаження виробничих потужностей українських підприємств створюють умови для подальшого зниження енергоефективності в країні. Тому сьогодні перед вітчизняною енергетичною поставлені пріоритетні завдання диверсифікації джерел її енергозабезпечення, енергоефективності, переходу на нові технології в енергетичній лузі. Нещодавно Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України було презентовано, два проекти національних планів дій: Національний план дій з енергоефективності та Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2020 року. Розгляд цих планів, їх змісту та цілей доказує їх відповідність завданням розвитку поновлювальної енергетики України [3].

Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій, 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 використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Поставленими задачами дослідження є:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації огорожуючих конструкцій та систем енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Об'єктом дослідження є будівля Сумської ЗОШ № 29 та її системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження в роботі є енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваній мною будівлі а також у системах енергоспоживання.

Автором зібрано статистичні дані за минулі три роки щодо функціонування систем енергоспоживання будівлі. Проаналізовано режими та обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії, води.

Проведено порівняльний аналіз режимів енергоспоживання та витрат енергоресурсів з чинними в Україні нормативними показниками.

Виконано необхідні економічні розрахунки. Проведено аналіз потенційно-небезпечних факторів, які можуть виникнути в процесі експлуатації будівлі та систем енергоспоживання.

1 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ФАКТИЧНОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ

Показники фактичного енергоспоживання будівлі включають масиви інформації щодо річного споживання на об'єкті дослідження теплової енергії, електричної енергії та води.

1.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії

Кількість спожитої теплової енергії на опалення по місяцям за 2016, 2017 та 2018 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку теплової енергії на об'єкті наведено в таблиці 1.1, та рисунку 1.1.

Таблиця 1.1 – Кількість теплової енергії спожитої у 2016 –2018 роках, Гкал

Місяці	2016 рік	2017 рік	2018 рік
Січень	150,661	149,435	145,174
Лютий	134,468	120,935	119,726
Березень	87,724	99,272	91,271
Квітень	51,166	47,508	44,124
Травень	–	–	
Червень	–	–	
Липень	–	–	
Серпень	–	–	
Вересень	–	–	
Жовтень	45,954	51,9	49,247
Листопад	111,753	88,3	84,985
Грудень	112,471	118,1	110,245
Всього	724,197	675,45	644,772

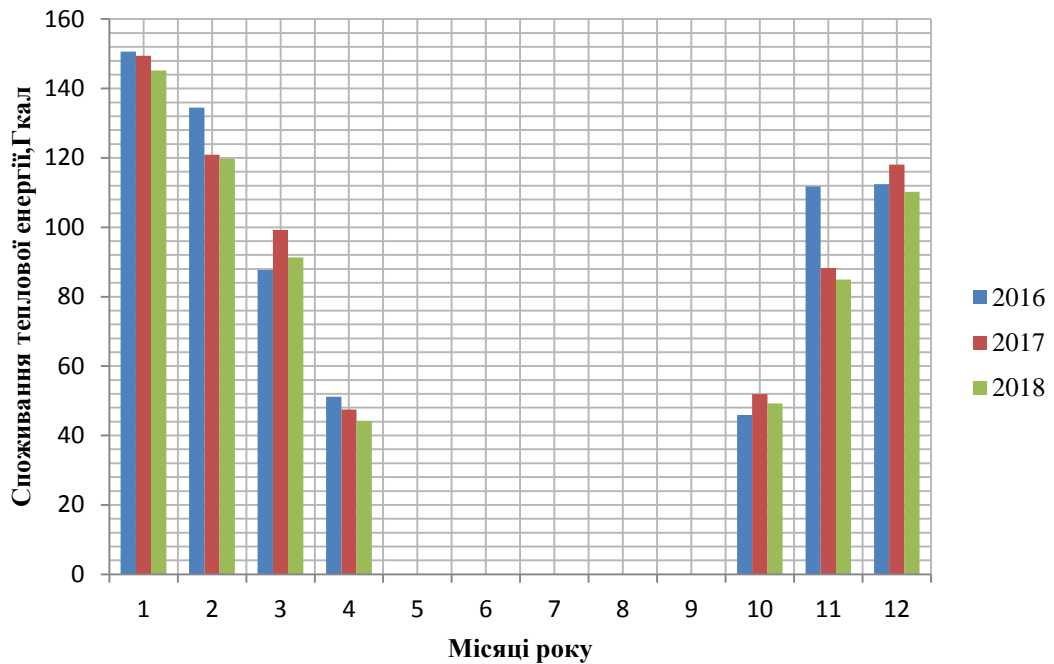


Рисунок 1.1 – Динаміка споживання теплової енергії за 2016 – 2018 роки.

Максимум споживання теплової енергії на опалення приходить на січень, а мінімум – на квітень 2018 року. У першій половині 2017 року спостерігається тенденція до зниження використання теплової енергії, що пов'язано з досить теплою температурою взимку, але у березні спостерігається підвищення споживання порівняно з 2016 та 2018 роками – це пов'язано з подовженням опалювального сезону в цьому році.

1.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Кількість спожитої електричної енергії по місяцям за 2016, 2017 та 2018 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку електричної енергії на об'єкті наведено в таблиці 1.2, та рисунку 1.2.

Таблиця 1.2 – Величина споживання електричної енергії за 2016 – 2018 роки, кВт·год

Місяці	2016 рік,	2017 рік	2018 рік
Січень	14110,1	14204,4	14205,3

Продовження таблиці 1.2

Лютий	14090,3	14187,5	13989,8
Березень	13157,2	13160,2	13097,4
Квітень	12875,4	12880,3	12890,2
Травень	6480,1	6490,1	6456,1
Червень	6073	6080	6097,5
Липень	5985	5995	5987,4
Серпень	6115	6125,3	6145,2
Вересень	9936,1	9114	9126
Жовтень	13251,5	13320,1	13328
Листопад	13576,3	14402	14504,1
Грудень	13825,1	14880,8	14987,1
Всього	136475	138839,9	131114,1

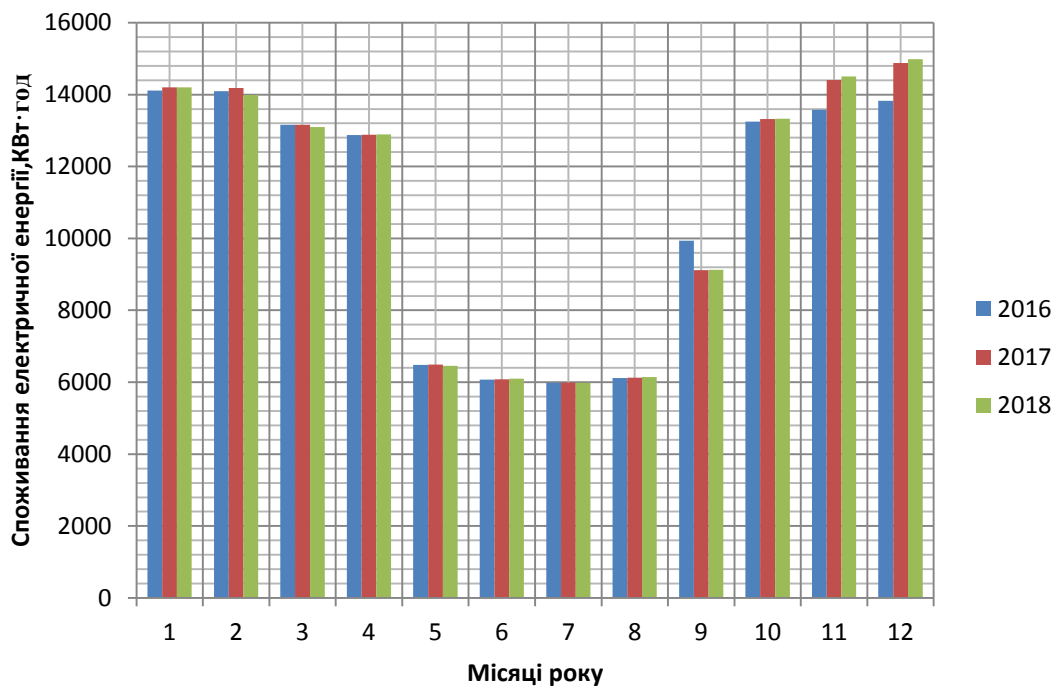


Рисунок 1.2 – Діаграма споживання електричної енергії за 2016-2018 роки

Споживання електричної енергії протягом року не рівномірне. Тенденції до збільшення споживання електроенергії спостерігаються в учбовий та опалювальний період, що пов'язано з більшим використанням електроплит для приготування їжі в їдальні та зниженням рівня природнього освітлення, що спричинює використання додаткового штучного освітлення.

Основним устаткуванням є електричні плити, освітлювальні прилади, холодильники, чайники, комп'ютерне та офісне обладнання.

1.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Кількість спожитої холодної води по місяцям за 2016, 2017 та 2018 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку на об'єкті наведено в таблиці 1.3, та рисунку 1.3.

Таблиця 1.3 – Споживання холодної води за 2016-2018 роки, м³

Місяці	2016 рік	2017 рік	2017 рік
Січень	54	55	54
Лютий	53	52	51
Березень	56	55	54
Квітень	58	59	58
Травень	62	63	62
Червень	46	43	40
Липень	33	31	28
Серпень	27	26	23
Вересень	52	53	51
Жовтень	57	56	54
Листопад	59	61	59
Грудень	61	58	58
Всього	618	612	592

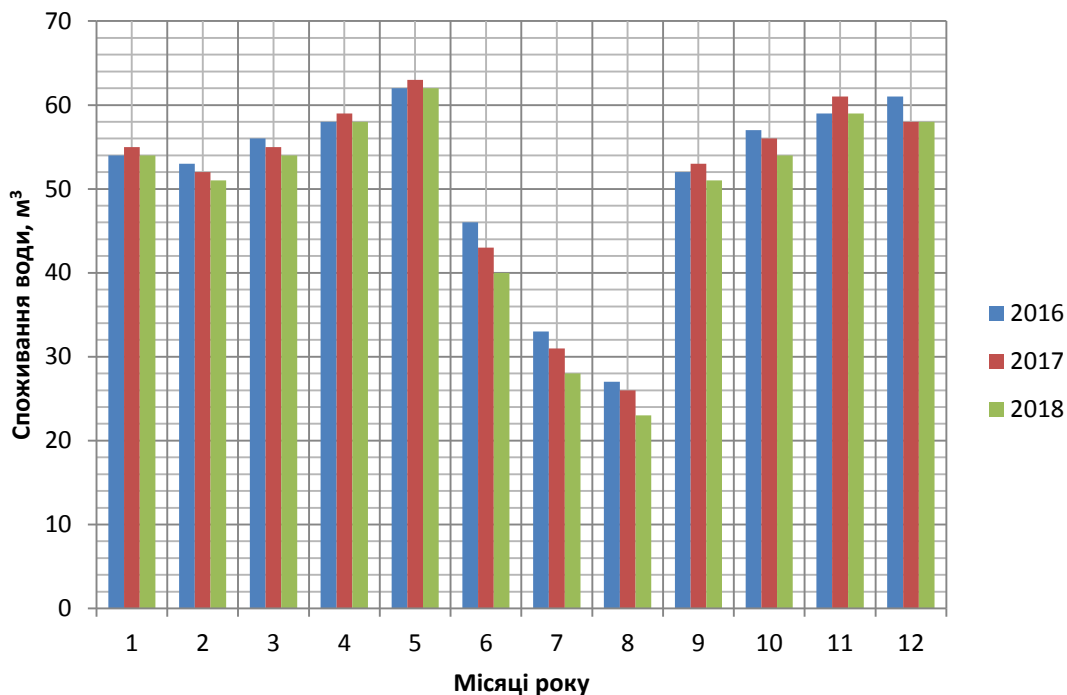


Рисунок 1.3 – Діаграма споживання води за 2016-2018 роки

Споживання води нерівномірне протягом року. Перепади у споживанні води пов'язані з канікулами у літній період. З початком настання осені рівень споживання води збільшується.

1.4 Аналіз обсягів споживання гарячої води

Кількість спожитої гарячої води по місяцям за 2016, 2017 та 2018 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку на об'єкті наведено в таблиці 1.4, та рисунку 1.4.

Таблиця 1.4 – Споживання гарячої води за 2016-2018 роки, м³

Місяці	2016 рік	2017 рік	2018 рік
Січень	12	15	14
Лютий	10	11	11
Березень	11	10	10

Продовження таблиці 1.4

Квітень	10	10	11
Травень	7	8	7
Червень	4	4	3
Липень	3	3	2
Серпень	4	3	3
Вересень	9	9	10
Жовтень	8	8	9
Листопад	10	11	11
Грудень	12	11	11
Всього	100	103	102

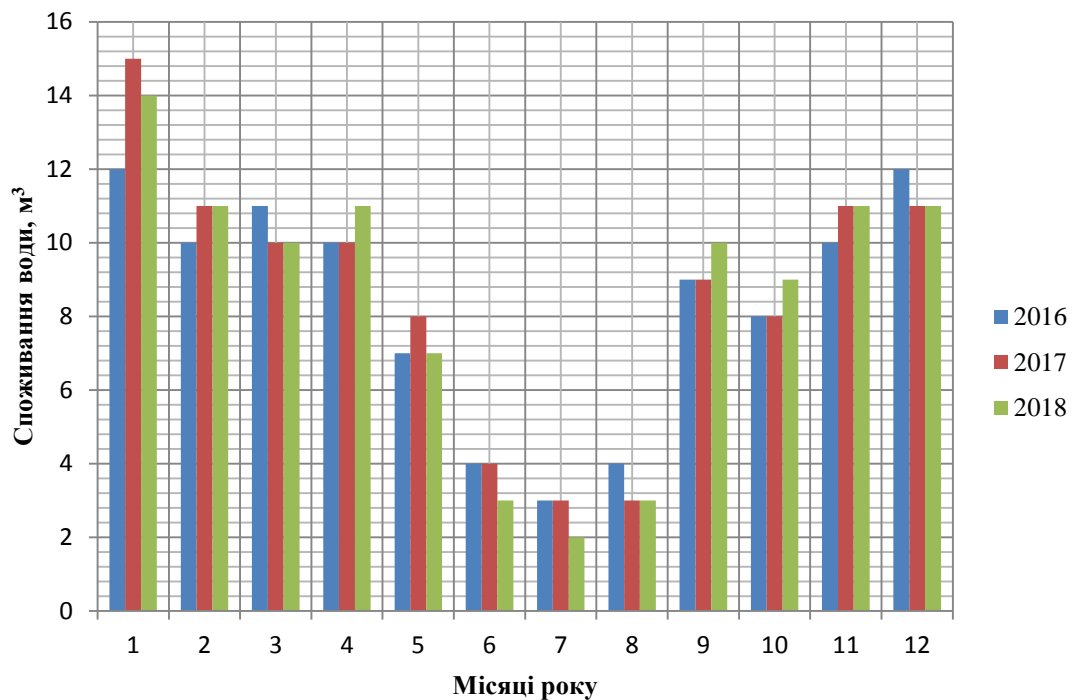


Рисунок 1.4 – Діаграма споживання холодної води за 2016-2018 роки

Споживання гарячої води зменшується в літній період в зв'язку з літніми канікулами та меншою відвідуваністю школи працівниками та учнями.

1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі закладу, який обстежується, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами.

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [4, п.3.24]:

$$EP = \frac{Q_{оп}}{V_{буд}^{оп}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (1.1)$$

де $Q_{оп}$ – величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період (за обліковими даними), кВт·год;

$V_{буд}^{оп}$ – опалювальний об'єм будинку, м³.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [4, п.5.1]:

$$EP \leq EP_{\max}, \quad (1.2)$$

де EP – питома річна енергопотреба будівлі, кВт·год/м³;

EP_{\max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [4, п.5.3].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [4, табл.1]:

$$EP_{max} = 30 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} = 0,026 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення приміщень закладу за рік становлять:

- за 2016 рік – $Q_{оп} = 724,197$ Гкал;
- за 2017 рік – $Q_{оп} = 675,45$ Гкал;
- за 2018 рік – $Q_{оп} = 644,772$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2016 рік – $EP = 0,031$ Гкал/м³;
- за 2017 рік – $EP = 0,029$ Гкал/м³;
- за 2018 рік – $EP = 0,027$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,029$ Гкал/м³.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою:

$$\left(\frac{EP - EP_{max}}{EP_{max}} \right) \cdot 100\% , \quad (1.3)$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\left(\frac{0,029 - 0,026}{0,029} \right) \cdot 100\% = 10\%$$

Згідно з [4] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «D».

Отриманий результат по будівлі не відповідає нормативній умові (1.2).

Такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі, необхідно вважати незадовільними.

1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням.

Згідно з [5] норма споживання електричної енергії для бюджетних установ з електрифікованими харчоблоками на дитину складає 380 кВт·год/дитину.

$$\text{- 2016 рік: } \frac{136475 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{1425 \text{ учнів}} = 95,7 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину};$$

$$\text{- 2017 рік: } \frac{138839,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{1425 \text{ учнів}} = 97,4 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину};$$

$$\text{- 2018 рік: } \frac{131114,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{1425 \text{ учнів}} = 92 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину}.$$

Для будівлі фактичне споживання не перевищує нормоване, що є задовільним показником.

1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує відповідність витрат води нормативам. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працівників у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [6]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

$$\text{- 2016 рік (} \frac{618000 \text{ л}}{1425 \text{ учнів}} \text{)}/280 \text{ днів} = 1,5 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2017 рік (} \frac{612000 \text{ л}}{1425 \text{ учнів}} \text{)}/280 \text{ днів} = 1,5 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2018 рік (} \frac{592000 \text{ л}}{1425 \text{ учнів}} \text{)}/280 \text{ днів} = 1,2 \text{ л/добу}.$$

Порівняння норми витрат води і дійсних величин витрат показує, що реальні значення не перевищують нормовані. Це є задовільним показником.

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

2.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля Сумської спеціалізованої школи I-III ступенів № 29 (рис.2.1), що знаходиться за адресою: Україна, м. Суми, вул. Заливна, 25.



Рисунок 2.1 – Сумська спеціалізована школа № 29

Технічні характеристики будинку такі:

• призначення будівлі:	навчальний заклад;
• рік побудови:	1993 р;
• площа забудови	2950 м ² ;
• опалювальна площа:	8725 м ² ;
• опалювальний об'єм	23557,5 м ³ ;
• опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами	31879,7 м ³ .

У закладі працює 147 працівників та виховується 1425 учнів. Будівля сумської загальноосвітньої школи № 29 складається з трьох поверхів та підвального приміщення.

У закладі встановлений шестиденний робочий тиждень. Школа працює в дві зміни. Початок першої зміни (понеділок, вівторок, п'ятниця) - 8.00, кінець – 13.25; початок першої зміни (середа) – 8.00, кінець – 13.15; початок першої зміни (четвер) – 12.55. Початок другої зміни (понеділок, вівторок, п'ятниця) – 13.50, кінець – 19.15; початок другої зміни (середа) – 14.20, кінець – 19.15; початок другої зміни (четвер) – 14.10, кінець – 19.05. Початок занять у суботу загальний для двох змін – 8.00, кінець – 13.45.

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від системи централізованого опалення.

Водопостачання та водовідведення в будівлі здійснюються централізовано.

Забезпечення будинку гарячою водою здійснюється централізовано.

2.2 Опис дійсного стану об'єкта

Загальний стан будівлі загальноосвітньої школи є задовільним. Проводиться утеплення стін з 2016 року. Станом на сьогоднішній день утеплено приблизно 85% будівлі.

Старі дерев'яні вікна замінені на металопластикові з однокамерним склопакетом.

Зовнішні двері в будівлі металопластикові.

Підлога виконана з залізобетонної плити, покритою цементною стяжкою, яка вкрита лінолеумом.

Стан вентиляційної системи є незадовільним, оскільки воно природне, окрім кабінету хімії. Таким чином вентиляція у приміщенні відбувається лише завдяки нещільності віконних прорізів.

2.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

2.3.1 Система теплопостачання

Теплопостачання Сумської ЗОШ № 29 здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір 1210 – Т від 12.02.2018 року.

Ввід теплової мережі передбачений до теплового пункту, розміщеного у підвальному приміщенні де є вільний доступ обслуговуючого персоналу до технологічного обладнання, наявне освітлення. Дане приміщення відповідає вимогам Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж.

Система теплової мережі ЗОШ №29 є двотрубною системою водяного опалення. Рух гарячого теплоносія відбувається зверху вниз через труби й опалювальні прилади.

В якості опалювальних приладів використовуються чугунні радіатори типу «МС–140». Опалювальні прилади розташовані під вікнами в кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів необмежений.

2.3.2 Система електропостачання

Постачальником електричної енергії є ПАТ «Сумиобленерго». Постачання електричної енергії відбувається від трансформаторної підстанції № 780, що знаходиться за територією школи.

Основне енергоспоживаюче обладнання школи є електричні плити, освітлювальні прилади, холодильники, чайники, комп'ютерне та офісне обладнання.

2.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання будівлі здійснюється згідно договору з КП «Міськводоканалом» СМР . Вода надходить до будівлі по зовнішнім мережам водопроводів зі сторони вул.Заливна.

Зовнішні мережі водопроводу виконані із сталених водопровідних труб Ø 100 мм. Тиск зовнішньої водопровідної мережі – 0,32 МПа.

Водовідведення здійснюється централізовано.

2.3.4 Система вентиляції

Будинок обладнано системою природної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через нещільності світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішні двері.

2.3.5 Система обліку споживання енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії здійснюється за допомогою теплового лічильника типу CALMEX-U (рис 2.2), термін повірки – 09.08.2017 р. Встановлений на ввіді до будівлі перед елеваторним вузлом.



Рисунок 2.2 – Лічильник теплової енергії [7]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [7]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності	2
Живлення	Автономне
Довжина кабеля	1,5-2 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки
Інтерфейс	Opto

Облік споживання електроенергії на потреби внутрішнього і зовнішнього освітлення, роботу електроспоживаючого обладнання здійснюється одним лічильником типу «Меридіан» СОЭ-1.02/2Т (рис 2.3). Встановлений в електрощитовій, яка знаходиться на вводі до будівлі. Термін повірки – 12.06.2018р.



Рисунок 2.3 – Лічильник електричної енергії [8]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики лічильника «Меридіан» СОЭ-1.02/2Т [8]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	220 В
Номінальний та максимальний струм	5(50)
Клас точності	1
Кількість тарифів	1
Міжповірочний інтервал	4 роки
Номінальна частота	50 Гц

Облік холодної води здійснюється лічильником SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 (рис. 2.4), термін повірки – 22.11.2017 р. Встановлений на вводі до будівлі.



Рисунок 2.4 – Лічильник холодної води [9]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики лічильника SENSUS типу WP-Dynamic 50/50

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	9 м ³ /год

Продовження таблиці 2.3

Номінальна витрата	5 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,3 м ³ /год
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

Облік гарячої води здійснюється лічильником Sensus WP-Dynamic WPD FS 50/150 (рис 2.5), термін повірки – 14.06.2019 р. Встановлений на ввіді до будівлі.



Рисунок 2.4 – Лічильник гарячої води [10]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики лічильника SENSUS типу WP-Dynamic 50/150

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	9 м ³ /год
Номінальна витрата	5 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,3 м ³ /год
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний, вертикальний

2.4 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 01.10.2019 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають без ПДВ:

теплова енергія – 1183,57 грн/Гкал;

водопостачання – 9,792 грн/м³;

гаряче водопостачання – 62,53 грн/м³;

водовідведення – 9,624 грн/м³;

електрична енергія – 2,72 грн / кВт·год.

3 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Проведення вимірювань за допомогою приладів

Для виконання теплотехнічних розрахунків було проведено вимірювання параметрів повітря всередині приміщень досліджуваного об'єкта. Приладом для вимірювання необхідних параметрів є пірометр.

Температуру предметів усередині приміщень було виміряно лазерним пірометром MiniTemp MT2 фірми Raytek (рис 3.1). Переносний низькотемпературний пірометр моделі MT2 – швидкодіючий, компактний і легкий у використанні пірометр пістолетного типу.



Рисунок 3.1 – Лазерний пірометр MiniTemp MT2 фірми Raytek

Завдяки властивостям даного пірометра можна вирішити широке коло задач контролю температури безконтактним методом. Його застосовують для діагностики систем кондиціонування, опалення і вентиляції, обслуговування електромереж і електроапаратури, автомобілів протипожежних систем.

Пірометр дуже простий в експлуатації завдяки лазерному прицілу і дисплею, розташованому на рукоятці пірометра, що показує значення температури даного об'єкта (опалювального приладу).

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики лазерного пірометра МТ2 [11]

Назва параметру	Значення параметру
Коефіцієнт випромінювання	0,95
Наявність лазера (клас II)	Крапковий
Збереження інформації на дисплеї	7 сек
Підсвічування екрана	АВТОМАТИЧНА
Оптичний дозвіл D:S	1:6
Відстань, що рекомендується	До 100 див
Діапазон вимірів	Від -18°C до +275°C
Точність, %	± 2
Час відгуку, мсек	500
Розміри, мм	152×101×38
Вага, кг	0,227

Для отримання даних про якість системи вентиляції досліджуваної будівлі було застосовано термоанемометр «Testo 405» (рис.3.2).

Testo 605-N1 – мініатюрний, недорогий прилад для швидкого вимірювання вологості, температури і точки роси в навколишньому середовищі, у повітрі робочої зони, в системах кондиціонування та вентиляціїю

Прилад має високу точність і стабільність показань завдяки унікальному датчику вологості, який не боїться води, захищений поворотною кришкою і відкривається тільки в процесі вимірювання. Дисплей розташований на поворотній голівці і його завжди видно. Передбачена функція автоматичного відключення через 10 хвилин роботи. Технічні характеристики наведено в таблиці 3.2.



Рисунок 3.2 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики універсального вимірювача [12]

Назва параметру	Значення параметру
Діапазон вимірювань швидкості потоку повітря	0...10
Похибка вимірювань	$\pm 0,01$
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °C
Довжина зонда	125 мм
Діаметр зонда: - в основі - біля чутливого елемента	16 мм 12 мм
Джерело живлення та його ресурс	3 батарейки типу CR 2032, 200 годин (750 вимірів по 2 хв.)

Для отримання даних про стан освітленості на даному об'єкті було використано люксметр типу DE-3350 [13].

Люксметри – це прилади для вимірювання освітленості в приміщеннях різного призначення, на робочих місцях, а також на відкритому просторі. це складна система, до складу якої входить фотодіод, підсилювач сигналу з фотодіода, аналогово-цифровий перетворювач, а також косинусна насадка та світлові фільтри. Працює люксметр на явищі внутрішнього фотоелектричного

ефекту. це процес виникнення електропровідності в напівпровідниках під дією електромагнітного випромінювання (на відміну від зовнішнього фотоефекту, коли відбувається емісія електронів під дією світла).

Недостатнє освітлення суттєво знижує продуктивність праці, викликає сонливість, призводить до передчасної втоми навіть у працівника після відпочинку, знижується ефективність прийнятих рішень і дій, зростає ймовірність помилок, що призводять до захворювань, травм і навіть летальних випадків. Існує навіть така сумна статистика, яка свідчить, що у 20 % випадків травми виникали через недостатню освітленість на виробництві, а в 5% - саме слабка освітленість робочого місця була причиною нещасних випадків.

Вимірювальна рулетка служила для визначення геометричних розмірів приміщень. Границя виміру приладу складає 10 м, похибка $\pm 0,5$ мм [14].

3.2 Результати проведеного вимірювання

Вимірювання проводилось 01.11.2019 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: -3°C .

Вимірювані параметри склали:

1) середня температура повітря по приміщеннях школи склала $T_{\text{в}} - 21^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам.

2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 65^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 45^{\circ}\text{C}$.

3) відносна вологість повітря – 58%, що відповідає вимогам норм і правил.

4) середня освітленість складає 300 люкс, що відповідає вимогам норм.

3.3 Алгоритм проведення обстеження енергетичних систем

Зростання вартості та вичерпність традиційних енергоресурсів зумовлює людство до пошуку шляхів їх більш раціонального використання та економії. В Європі це відчули під час паливної кризи в 20 столітті, в Україні ми почали це відчувати зараз, після чергового суттєвого підвищення вартості енергоносіїв.

Основні стратегічні напрямки підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження полягають в структурно-технологічній перебудові економіки України, створенні адміністративних, нормативно-правових і економічних механізмів, які сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню. Останнє передбачає виведення з роботи морально застарілого та фізично зношеного устаткування припинення випуску неенергоефективної продукції, впровадження у виробництво новітніх технологій, обладнання та побутових приладів оскільки, у перспективі, це – енергонезалежність нашої держави. Тому питання пошуку можливих шляхів енергозбереження та визначення напрямків їх ефективного використання залишається відкритим і актуальним [15].

Під енергетичним енергоаудитом розуміється проведення обстеження будівлі для визначення можливих шляхів економії енергоресурсів, а отже і коштів, та покращення умов перебування мешканців та персоналу. Головним результатом енергетичного аудиту є перелік рекомендацій щодо зниження енергоспоживання та витрат на енергоносії із зазначенням їх вартості та окупності. Якісний енергетичний аудит повинен передувати всім проектам реконструкції будівель для максимально ефективного використання наявних (зазвичай дуже обмежених) фінансових ресурсів [15].

Загалом можна виділити два види енергетичного аудиту: експресенергоаудит та комплексний енергоаудит. Також можуть бути енергетичні аудити окремих інженерних систем [15]. Експрес-аудит передбачає поверхневе обстеження будівлі та виявлення найбільш очевидних недоліків, а також намічає план робіт для комплексного енергоаудиту. Зазвичай точність рекомендацій такого аудиту оцінюється на рівні 10-20 % [15]. Комплексний енергоаудит передбачає поглиблене вивчення конструкції будівлі та інженерних мереж, проведення інструментальних замірів та підготовку детального плану впровадження енергоефективних заходів в тому числі економічний аналіз [15].

Основою формування системи проведення енергетичного аудиту є застосування наукового підходу до розробки технологічно обґрунтованих, прогресивних норм витрат енергоносіїв, який проводиться на засадах дослідження

та планування витрат енергоресурсів з врахуванням динаміки їх споживання за тривалий період часу [16].

Метою енергообстеження можуть бути, наприклад:

- а) регулярне обстеження системи опалення будівлі;
- б) розширене обстеження системи опалення будівлі
- в) регулярне обстеження системи кондиціонування повітря будівлі;
- г) обстеження системи гарячого водопостачання;
- д) обстеження системи освітлення;
- є) зниження енергоспоживання та витрат на оплату спожитої енергії в будівлі;
- ж) зниження впливу на навколишнє середовище;
- з) перевірка відповідності чинним нормативним документам в області енергоефективності, або добровільним зобов'язанням [16].

Алгоритм проведення енергетичного обстеження інженерних систем наведений на рисунку 3.3.

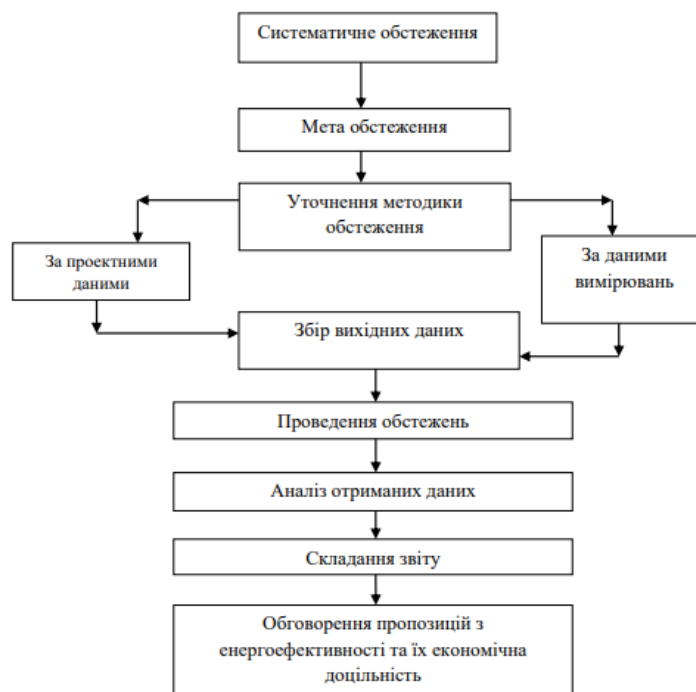


Рисунок 3.3 – Алгоритм проведення енергетичного обстеження [16]

На даному етапі Замовник обстеження та Виконавець також узгоджують об'єкти енергетичного обстеження:

- а) яка будівля(і), або частина будівлі включається в обстеження;
- б) які системи будівлі включають в обстеження (для правильного аналізу рекомендується включати всі системи);
- в) які площі/об'єкти/системи, що є поза межами обраної будівлі, включають в обстеження.

Окрім цього, на даному етапі Замовник обстеження та Виконавець узгоджують рівень доскональності (точності) обстеження, що буде проводитись, приймаючи до уваги, що це рішення матиме вплив на:

- а) необхідний час для проведення обстеження;
- б) вибір приміщень-представників;
- в) рівень проведення вимірювальних робіт;
- г) рівень точності при оцінці енергоефективних заходів;
- д) умови для розрахунку базового енергоспоживання, і, як результат, основу для подальшого розрахунку економії .

На даному етапі Замовник обстеження та Виконавець узгоджують основну мету проведення енергетичного обстеження. В залежності від кінцевої мети обстеження уточнюють методичні положення їх проведення.

Фахівці з обстеження інженерних систем здійснюють збір даних, які відповідають цілі та рівню досконалості (точності) обстеження, що погоджено із Замовником. Також Фахівці з обстеження інженерних систем отримують від Замовника технічну документацію та статистичні дані з енергоспоживання.

Технічна документація надається представниками організації замовника. Інформація повинна містити наступне [16]:

- місце будівництва, адреса, рік будівництва, тип будинку, загальна опалювальна площа (об'єм), кількість персоналу, наявність проектної виконавчої документації із внесеними змінами про відхилення від проекту під час будівництва;

– об'ємно-планувальні та геометричні показники будівлі (розташування будинку на плані забудови, плани поверхів, висоти поверхів, загальна висота будинку, загальна площа зовнішніх стін та світлових отворів, в тому числі за напрямками сторін світу тощо);

– проектну документацію на будинок (архітектурна частина), плани БТІ;

– первинні дані про витрату теплової енергії, електричної енергії, води за річний цикл з розбивкою по місяцям за останні 3-5 років (для об'єкту, що вводиться в експлуатацію - проектні значення);

– параметри систем тепло-, електро- та водопостачання будинку: джерела та схеми електро-, тепло-, водопостачання, вузли введів трубопроводів, система опалення, наявність та типи приладів обліку енергоносіїв та витрат теплоносія. За наявністю індивідуального теплового пункту (ІТП) Замовник надає інформацію про схему приготування гарячої води та теплоносія на опалення, оснащення ІТП приладами обліку та регулювання витрат теплової енергії.

– журнали обліку теплової і електричної енергії та води;

– звітну документацію по комерційному та технічному обліку енергоносіїв (періодичність визначається узгодженою точністю обстеження. Зазвичай надають помісячні дані);

– рахунки від постачальників енергоносіїв;

– схеми балансового розмежування теплових і електричних мереж та водовідведення будівлі;

– схеми теплового пункту та системи тепло- і електропостачання будівлі;

– технічну документацію на обладнання (технологічні схеми, специфікації, паспортні дані тощо);

– дані про наявність енергії, яка отримується з відновлюваних джерел енергії (теплові насоси, сонячні колектори тощо) з визначенням їх технічних характеристик; звітну документацію по ремонтних, налагоджувальних, випробувальних, енергозберігаючих заходах;

– графіки роботи/ перебування людей у будівлі – скарги та побажання людей, які експлуатують будівлю щодо покращення умов мікроклімату приміщень.

З обліку енергоресурсів починається будь-яка економія (ми не можемо зберегти те, що не можемо порахувати) тому про встановлення приладів обліку зацікавлені споживачі дбають в першу чергу. Однак, бувають випадки, коли необхідно отримати додаткові дані, наприклад графік погодинного споживання, або лічильник не був встановлений взагалі. В цій ситуації в нагоді енергоаудитору стають портативний витратомір рідини та аналізатор параметрів електроенергії [15].

Останнім часом стала дуже популярною, причому часто бажані результати обстеження видаються за фактичні результати. Тепловізор фактично вимірює температуру поверхні і може дати оцінку якості теплоізоляції огорожувальних конструкцій. При цьому з достатньою точністю відповісти на питання «скільки тепла втрачається через стіни?», як би цього не хотілося, тепловізор не може. Для цього існують вже інші прилади: вимірювача теплового потоку та вимірювач опору теплоізоляції, що передбачають контактний метод вимірювання [15].

Дуже важливим параметром є внутрішня температура, вологість та концентрація вуглекислого газу. Тому встановлення реєстраторів (логерів) температури що фіксували б цю температуру протягом принаймні декількох діб, є дуже важливим з огляду на оптимізацію роботи систем опалення та вентиляції. Якщо буде зафіксовано, що температура в якісь години була вища за нормативну, – це буде приводом для проведення налаштування автоматичної системи опалення; підвищена вологість та концентрація вуглекислого газу є ознаками збоїв в системі вентиляції будівлі [15].

Серед інших приладів, що можуть використовуватись енергоаудиторами: струмові кліщі-ватметр (для визначення споживання електроенергії окремими приладами), люксметр (для оцінювання рівня освітленості), контактні та інфрачервоні термометри, анемометр (для перевірки систем вентиляції) [15].

4 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

4.1 Розрахунок теплової потужності будівлі

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q \text{ min}}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження [4].

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}} \quad (4.1)$$

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

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

Мінімально допустиме значення, $R_{q \text{ min}}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт промислових будинків встановлюється згідно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою :

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} \quad (4.2)$$

де δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma np}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (4.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_z} \quad (4.3)$$

де: α_e , α_z – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (4.2), $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$; [17]

4.2 Розрахунок тепловтрат

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

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень

$$\sum Q_{\text{втр}} = \sum Q_0 + \sum Q_{\text{д}} + \sum Q_{\text{інф}} + \sum Q_e, \quad (4.4)$$

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

$\sum Q_{\text{д}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти через огорожувальні конструкції, Вт ;

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

ΣQ_v – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі за нормативними показниками (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплена підлога)

$$Q_0 = \frac{F_{opr}}{R_{\Sigma np}} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \quad (4.5)$$

де: F_{opr} – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м²;

$R_{\Sigma np}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м²·°C/Вт;

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

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря.

- при визначенні тепловтрат через внутрішні стіни у формулу підставляються температури приміщень, які розгороджені даними стінами [17].

Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

Додаткові втрати тепла через огорожувальні 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:

$$Q_{op}^d = Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \quad (4.6)$$

де: Q_{cm} – тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу ($\beta_{op}=0,13$) [17].

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами

$$Q_{ndл}^o = 0,05 \cdot Q_{ndл}, \quad (4.7)$$

де: $Q_{ndл}$ – втрати теплоти через неутеплену підлогу, Вт.

Додаткові втрати на витяжну вентиляцію:

$$Q_B = 0,28 \cdot V_{\Pi} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_B - t_3) \cdot n_k \cdot k_V, \quad (4.8)$$

де: c - питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·К [17];

t_B і t_3 - температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

V_{Π} - внутрішній об'єм приміщення, м³;

ρ - густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho = 1,3$ кг/ м³ [17];

n_k - кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹;

k_V - коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання, приймаємо $k_V=0,85$ [17].

Середня кратність повітрообміну будинку визначається за формулою:

$$n_k = \frac{\left[\left(\frac{L_V \cdot n_V}{24} \right) + \left(\frac{G_{\text{інф}} \cdot \eta \cdot n_{\text{інф}}}{24 \cdot \rho_c} \right) \right]}{\vartheta_V \cdot V_{\Pi}}, \text{ год}^{-1} \quad (4.9)$$

де: L_V – кількість припливного повітря у разі припливної вентиляції або нормативне значення під час механічної вентиляції, м³/год, дорівнює для дитячих дошкільних закладів $7 \times F_p$;

ϑ_v – коефіцієнт зниження об'єму повітря у приміщенні, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. Для розрахунків приймається $\vartheta_v = 0.85$;

F_p – розрахункова площа будівлі, м²;

n_v -кількість годин роботи вентиляції протягом однієї доби, год;

$n_{\text{інф}}$ - кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом однієї доби, год, для будинків із збалансованою припливно-витяжною вентиляцією дорівнює 24 год;

$G_{\text{інф}}$ – кількість повітря, що інфільтрується через огорожувальні конструкції в неробочий час, кг/год, приймається $G_{\text{інф}} = 0,5 \cdot \vartheta_v \cdot V_{\text{п}}$;

η - коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається 0,8 [17].

Приклад розрахунку потужності системи опалення

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується, отримані відповідно до методики розрахунку представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ П/П	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$R_{\Sigma \text{пр}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \text{ min}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Стіни	Керамзитобетонні панелі	0,4	0,51	3,31	3,3
		Цементно-піщана штукатурка	0,02	0,81		
		Утеплювач	0,1	0,042		

Продовження таблиці 4.1

2	Суміщене покриття	Залізобетонна плита	0,22	1,92	1,62	5,35
		Керамзит	0,15	0,12		
		Руберойд	0,01	0,17		
3	Вікна	Пластикові	–	–	0,75	0,75
4	Двері	Пластикові	–	–	0,6	0,6
5	Підлога	Залізобетон на плита	0,22	1,92	0,43	3,75
		Бетонна стяжка на гравії	0,05	1,86		
		Лінолеум	0,005	0,35		

Отримані результати розрахунку опору теплопередачі свідчать про те, що теплозахисні властивості зовнішніх огорожень, крім підлоги, незадовільні ($R_{\Sigma \text{ пр}} \ll R_{q \text{ min}}$), що вимагає впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі [4].

Приклад розрахунку тепловтрат будівлі

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі визначаємо за формулою (4.5):

Тепловтрати через стіни:

$$Q_{cm} = \frac{3240}{3,31} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 45027,2 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через вікна:

$$Q_{вкн} = \frac{623,25}{0,75} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 38226 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через підлогу:

$$Q_{\text{ндл}} = \frac{2550}{0,43} \cdot (21 - 8) \cdot 1 = 77093 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через дах:

$$Q_{\text{дах}} = \frac{2550}{1,62} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 72407,4 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через двері:

$$Q_{\text{двер}} = \frac{9,6}{0,6} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 736 \text{ Вт.}$$

Визначення додаткових тепловтрат.

Додаткові тепловтрати через стіни визначаємо за формулою (4.6):

$$Q_{\text{ст}}^{\text{д}} = 45027,2 \cdot 0,13 = 5853,5 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати над холодним підвалом визначаємо за формулою (4.7):

$$Q_{\text{ндл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 77093 = 3854,7 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати через вентиляцію визначаємо за формулою (4.8):

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot 23557,5 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (21 - (-25)) \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 285421,7 \text{ Вт.}$$

Розрахунок середньої кратності повітрообміну:

$$n_k = \frac{\frac{7996,8 \cdot 16}{24} + \frac{4883,615 \cdot 0,8 \cdot 24}{24 \cdot 1,3}}{0,85 \cdot 23557,5} = 0,8 \text{ год}^{-1}$$

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень знаходимо по формулі:

$$\sum Q_{\text{втр}} = 45027,2 + 38226 + 77093 + 72407,4 + 736 + 5853,5 + 3854,7 + 285421,7 = 528619,5 \text{ Вт.}$$

Графічне зображення тепловтрат приведено на рисунку 4.1

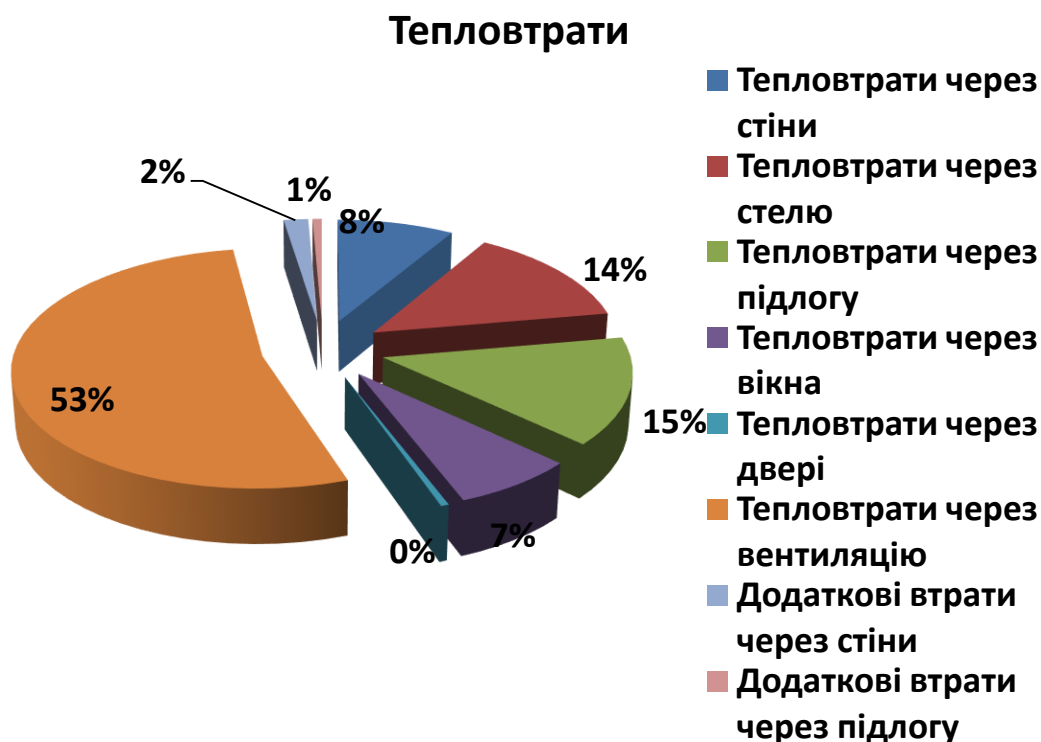


Рисунок 2.1 – Види тепловтрат школи

З розрахунку видно, що найбільше витрат йде на вентиляцію 53%. Також витрати йдуть через дах 14% та підлогу 15%.

4.3 Визначення видів теплонадходжень

Сумарні теплонадходження розраховуються за формулою:

$$\sum Q_{mn} = Q_l + Q_{el} + Q_{осв} + Q_{рад}, \quad (4.10)$$

де Q_l - теплонадходження від людей, Вт;

Q_{el} - теплонадходження від працюючого електроустаткування, Вт;

$Q_{осв}$ - теплонадходження від джерел освітлення, Вт;

$Q_{рад}$ - теплонадходження від сонячної радіації, Вт.

Теплонадходження від людей розраховуються за уточненою формулою [17]:

$$Q_l = \beta_{инт} \cdot \beta_{од} \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{v_B}) \cdot (35 - t_{п}) \cdot n_l, \quad (4.11)$$

де $\beta_{инт}$ – коефіцієнт, який враховує інтенсивність роботи, що виконується людиною (приймаємо $\beta_{инт} = 1$ як для легкої роботи) [17];

$\beta_{од}$ - коефіцієнт, який враховує теплозахисні властивості одягу (приймаємо $\beta_{од} = 0,65$ як для звичайного одягу) [17];

v_B - швидкість повітря в приміщенні (для адміністративних приміщень $v_B \approx 0,15$ м/с згідно з [17];

$t_{п}$ - температура приміщення, $^{\circ}\text{C}$;

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{п} \cdot \eta + k_T \cdot k_{п} \cdot \eta) \cdot k_c, \quad (4.12)$$

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

$k_{п}$ – коефіцієнт завантаження (при майже повному завантаженні $k_{п} = 0,9$) [17];

η – ККД електроустаткування (для практичних розрахунків приймається 0,9 [17];

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення (для практичних розрахунків $k_T = 0,75$) [17];

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію, характеризує період роботи електрообладнання по відношенню до робочого періоду техпроцесу (приймаємо $k_c = 0,295$ як осереднене значення між коефіцієнтами усього електрообладнання) [17].

Теплонадходження від джерел освітлення розраховуються за формулою:

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_z, \quad (4.13)$$

де: N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (лампи розжарення – $k_{осв} = 0,95$; люмінесцентні лампи – $k_{осв} = 0,4$) [17];

k_z – коефіцієнт завантаження освітлення (відношення періоду роботи світильника у хвилинах до кількості хвилин за годину);

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації знайдемо за формулою:

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{О.П}, \quad (4.14)$$

де: q_c, q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м^2 скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м^2 ($q_c = 250 \text{ Вт/м}^2$; $q_T = 100 \text{ Вт/м}^2$);

F_c, F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м^2 ;

$k_{О.П}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу (приймаємо $k_{О.П} = 0,5$ як при наполовину закритих вікнах (наприклад напіввідкриті жалюзі)).

Приклад розрахунку теплонадходження від людей:

$$Q_{\text{л}} = 1 \cdot 0,65 \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{0,15}) \cdot (35 - 20) \cdot 1572 = 99459,5 \text{ Вт}$$

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

Теплонадходження від працюючого електроустаткування розраховується за формулою (4.12):

$$Q_{\text{л}} = 21000 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,295 = 4940,51 \text{ Вт}$$

Теплонадходження від джерел освітлення розраховується за формулою (4.13)

$$Q_{\text{осв}} = 356 \cdot 95 + 289 \cdot 20 = 39600 \text{ Вт}$$

де: q_c , q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м^2 скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м^2 ($q_c=250 \text{ Вт/м}^2$; $q_T=100 \text{ Вт/м}^2$);

F_c , F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м^2 ;

$k_{O.П}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу (приймаємо $k_{O.П}=0,5$ як при наполовину закритих вікнах (наприклад напіввідкриті жалюзі)).

$$F_c = 461,25 \text{ м}^2$$

$$F_T = 162 \text{ м}^2$$

Приклад розрахунку:

$$Q_{\text{рад}} = (461,25 \cdot 250 + 100 \cdot 162) \cdot 0,5 = 65756,3 \text{ Вт}$$

Визначимо сумарні теплонадходження:

$$\Sigma Q_{\text{тн}} = 99459,5 + 4940,51 + 39600 + 65756,3 = 209756,3 \text{ Вт}$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{\text{втр}} - \Sigma Q_{\text{тн}}, \quad (4.16)$$

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

$\Sigma Q_{\text{тн}}$ - сумарні теплонадходження по всій будівлі, Вт.

Звідси:

$$\Delta Q = 528619,5 - 209756,3 = 318863,2 \text{ Вт.}$$

Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ будуть становити:

$$\Delta Q_{\text{оп}} = \Delta Q \cdot \frac{(t_6^{cp} - t_{cp.on})}{(t_6^{cp} - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (4.17)$$

де ΔQ – розрахункова величина теплової потужності будівлі, Вт;

t_6^{cp} – внутрішня температура приміщень будівлі (осереднена за приміщеннями), $^{\circ}\text{C}$;

$t_{cp.on}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{cp.on} = 1,4^{\circ}\text{C}$ [18];

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$;

$n_{\text{оп}}$ – тривалість опалювального періоду (діб).

$$\Delta Q_{\text{оп}} = 318863,2 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 665752,7 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 572 \text{ Гкал.}$$

5 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ, СПРЯМОВАНИХ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У БУДІВЛІ

5.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів

Проаналізувавши дані, що були отримані під час інструментального обстеження будівлі, візуального обстеження та розрахунку тепловтрат, пропонується впровадження наступних енергозберігаючих заходів:

- встановлення індивідуального теплового пункту;
- встановлення насадки-аератора на крани для холодної та гарячої води;
- утеплення огорожувальних конструкцій (стеля);
- заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.

5.2 Опис заходів

5.2.1 Встановлення індивідуального теплового пункту

Практика застосування систем погодозалежного регулювання (зокрема встановлення автоматизованого індивідуального теплового пункту) та комерційного обліку тепла підтверджує значне скорочення енергоспоживання (до 30%), при цьому споживачі тепла отримують реальну економію та можливість підвищити рівень комфорту свого проживання [19]. Оптимізація існуючої неощадної системи теплопостачання має бути першочерговим завданням серед заходів з термомодернізації.

Досягти встановленої мети економії енергоресурсів при одночасному покращенні роботи системи опалення дозволяють індивідуальні теплові пункти (ІТП), які можуть бути застосовані як для нового будівництва так і при

реконструкції. Такі індивідуальні теплові пункти виготовляються у відповідності до проектної документації та технічних умов теплопостачальної компанії.

ІТП може складатися з декількох модулів: модуля обліку тепла, модуля системи опалення (залежна чи незалежна схема приєднання), модуля системи гарячого водопостачання (ГВП) та модуля системи вентиляції.

Модульне виконання забезпечує компактні розміри та значну економію простору. Як правило, ІТП збирається на одній рамі разом з необхідними підключеннями та щитом автоматики. Завдяки коротким термінам виготовлення та простоті монтажу вдається досягти економічного ефекту в порівнянні з традиційним підходом до збирання модулів «за місцем». Автоматизовані індивідуальні теплові пункти дозволяють віддалено контролювати параметри роботи обладнання. У разі виникнення аварійних ситуацій інформація надсилається у диспетчерський центр [19].



Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд ІТП

Вартість обладнання з доставкою та монтажем складає: $K=400000$ грн [20].

Економія теплової енергії після встановлення ІТП складе 30%.

За 2018-2019 опалювальний рік корпусом було спожито 644,772 Гкал теплової енергії.

Тоді:

$$E=644,772 \cdot 0,3=193,4 \text{ Гкал.}$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$\Delta E = 1183,6 \cdot 193,4 = 228908,2 \text{ грн}$$

Простий термін окупності:

$$T = \frac{400000}{228908,2} = 1,7 \text{ року.}$$

5.2.2 Встановлення насадки-аератора на крани для холодної та гарячої води

Устаткування являє собою невелику насадку, що встановлюється на змішувач (рис 5.2). Крім економії води аератор насичує рідину повітрям, що робить потік більш м'яким і приємним, а також сприяє вивітрюванню з води хлору [21].



Рисунок 5.2 – Насадка-аератор [21]

В будівлі школи встановлено сучасні крани в кількості 30 штук без насадок.

Ціна однієї насадки складає 99 грн.

Капітальні затрати на придбання складуть:

$$K = 30 \cdot 99 = 2970 \text{ грн.}$$

Економія споживання води після встановлення насадки складає близько 50% [21]. Тоді економія в споживанні води складе (за 2018 рік було спожито 592 м³ холодної та 102 м³ гарячої води)

$$E_{x.g} = 592 \cdot 0,5 = 296 \text{ м}^3$$

$$E_{g.g} = 102 \cdot 0,5 = 51 \text{ м}^3$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 296 \cdot (9,792 + 9,624) + 51 \cdot (62,53 + 9,624) = 9427 \text{ грн}$$

Термін окупності складе

$$T_{ок} = \frac{2970}{9427} = 0,3 \text{ року.}$$

5.2.3 Утеплення огорожувальних конструкцій (стеля)

Для утеплення даху будівлі пропонується пінополіуретан, теплопровідність якого складає $\lambda=0,037$ Вт/(м·К) [22].

Пінополіуретан - має високий ступінь зчеплення з різними будівельними матеріалами такими як: цегла, метал, деревина, штукатурка і т.п.

Пінополіуретан (ППУ) - матеріал, стійкий до кислотних і лужних середовищ, не схильний до пошкодження гниттям, цвіллю і гризунами, не впливає на

фізіологію людини, що підтверджують сертифікати видані службами у сфері захисту прав споживачів і благополуччя людини [22].

Пінополіуретан - поліуретанова піна - теплоізоляційний матеріал, який дозволяє покривати поверхні будь-якої складності і форми, повторюючи в точності конструкцію і отримуючи покриття без єдиного стику з високим ступенем вологостійкості, перешкоджаючи утворенню корозії [22].

Пінополіуретан (ППУ) - матеріал з гарантованим терміном служби від 25 років [22].

Теплопровідність даного типу матеріалу складає $\lambda_{ymn} = 0,037 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ [22].

Визначимо товщину ізоляційного шару для утеплення даху за формулою[17]:

$$\delta_{\text{ут.}} = [R_{q \text{ min}} - R_{\Sigma \text{ пр}}] \cdot \lambda_{\text{ут}} = [4,95 - 1,62] \cdot 0,03 = 0,1\text{м.}$$

де: $R_{q \text{ min}} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ – мінімальний термічний опір стін [4];

Величина площі даху, який необхідно утеплювати, складає – 2550 м².

Втрати теплової енергії через дах після утеплення складуть:

$$Q_0^{ym} = \frac{2250}{4,95} \cdot (21 - (-25)) = 20909,1 \text{ Вт.}$$

Економія втрат теплоти

$$\Delta Q = 72407,4 - 20909,1 = 51498,3 \text{ Вт} = 51,5 \text{ кВт.}$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу :

$$Q_0^{\text{Ек. рік}} = \Delta Q_0 \cdot \frac{(t_6 - t_{\text{ср.он}})}{(t_6 - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}}, \text{ кВт}\cdot\text{год/рік.} \quad (5.1)$$

де $t_{\text{ср.оп}} = -1,4^{\circ}\text{C}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період Сумської області [18].

$n_{\text{оп}} = 187$ – тривалість опалювального періоду, діб.

За формулою знаходимо річну економію теплової енергії після впровадження заходу:

$$Q_o^{\text{рік}} = 51498,3 \cdot \frac{(21+1,4)}{(21-(-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 107523,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

$$107523,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 92,4 \text{ Гкал} / \text{рік};$$

У грошовому еквіваленті ця економія складе:

$$E = 92,4 \times 1183,6 = 109364,6 \text{ грн.}$$

Ціна за 1 м² товщиною 100 мм при площі покриття більше 1000 м² включаючи роботу складає 330 грн [22]. Орієнтована загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу знайдемо за формулою:

$$K_{\text{зах}} = 2550 \cdot 330 = 841500 \text{ грн.}$$

Визначимо простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{841500}{109364,6} = 7,7 \text{ років.}$$

5.2.4 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

Світлодіодні лампи це принципово нові електричні джерела світла, в яких використовуються потужні світловипромінюючі діоди високої ефективності.

Світлодіодні лампи володіють високими технічними і споживчими характеристиками, зручні в експлуатації і можуть застосовуватися в освітлювальних приладах замість ламп розжарювання, галогенних і енергозберігаючих ламп [23].

Пропонується замінити старі лампи розжарення на нові світлодіодні.

Кількість ламп які необхідно замінити складає 74 штук. Ціна однієї світлодіодної лампи складає 52 грн [23].

Капітальні затрати на встановлення ламп складуть:

$$K = 74 \cdot 52 = 3848 \text{грн.}$$

Для початку обчислимо споживання електроенергії за рік для обох типів ламп за умови, що лампи горять 8 годин на добу:

Люмінесцентні лампи :20 Вт:

$$C_1 = 0,02 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 74 \text{ штук} = 2960 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік};$$

Світлодіодна лампа 10 Вт (з низьким світловим потоком):

$$C_2 = 0,01 \text{ кВт} \cdot \text{год} \times 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 74 \text{ штук} = 1480 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік.}$$

Економія в споживанні електричної енергії після встановлення світлодіодних ламп складає

$$C = C_1 - C_2 = 2960 - 1480 = 1480 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік.}$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 2,72 \cdot 1480 = 4025,6 \text{грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{3848}{4025,6} = 0,9 \text{ року.}$$

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті

Під час роботи на об'єкті на енергменеджера можуть впливати один, або низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути визначена за їх кількістю і за ступенем небезпеки кожного з них зокрема. Безпека праці на виробництві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів [24].

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори стандартом ГОСТ 12.0.003-74 поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні [25]. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші - на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

6.1.1 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів

Електробезпека

На основі «Правила улаштування електроустановок» [26] практично всі приміщення відносяться до 2-ої категорії «Приміщення з підвищеною небезпекою», оскільки в них розміщені персональні комп'ютери, кондиціонери.

У приміщеннях відсутні відкриті струмопровідні частини. Ураження електричним струмом можливо тільки у разі несправності апаратури і живлячих кабелів. Вся електропроводка проводиться в захищених від людини місцях, що виключає можливість пошкодження її ізоляції працівниками.

Для захисту від ураження електричним струмом в будівлі наявні:

- заземлення всіх установок з опором не більш 4 Ом;

- застосовується прихована електропроводка в захищаючих від механічних пошкоджень трубах;
- маркіровані роз'єми і розетки;
- аварійні рубильники виключення всього електроживлення.

Пожежна безпека

Пожежу супроводжують такі небезпечні фактори: відкритий вогонь та іскри, висока температура повітря, предметів, обладнання, токсичні продукти горіння, дим, низька концентрація кисню, обвалення, пошкодження будинків та споруд, вибух.

Приміщення будівлі оснащено первинними засобами пожежогасіння: внутрішніми пожежними водопроводами, ручними вогнегасниками. Згідно з ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [27] будівля відноситься до категорії В пожежної безпеки приміщень. Пожежні крани встановлені в коридорах, на майданчиках сходових кліток, коло входів. Щити протипожежного захисту повинні оснащені ручними вогнегасниками. Для гасіння пожеж в замкнених об'ємах, якими є приміщення, застосовують вуглекислий газ для припинення подачі кисню повітря до вогнища спалаху.

Первинними засобами пожежогасіння можуть слугувати ручні вогнегасники типу: ОУ-6 і ОУ-8.

Мікроклімат в приміщенні

Мікрокліматичні умови характеризуються такими показниками:

- температура повітря,
- відносна вологість повітря,
- швидкість руху повітря,

В приміщенні проводяться роботи легкої категорії (Ia). Тобто майже всі роботи виконуються сидячи та супроводжуються незначним фізичним напруженням.

В таблиці 6.1 приведені оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень.

Таблиця 6.1 – Оптимальні та фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень для легкої категорії робіт (Ia).

Період року	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	Оптим.	Фактична	Оптим.	Фактична	Оптим.	Фактична
Холодний	20-22	20-21	40-60	58	≥ 0,1	0,02-0,18
Теплий	23-25		40-60		≥ 0,2	

Аналізуючи дані, можна сказати що температура, вологість в приміщеннях задовільна.

Освітлення робочої зони

Освітлення робочого місця – найважливіший чинник створення нормальних умов праці. У даній будівлі застосовується комбіноване освітлення, яке складається із загального та місцевого. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

Природне освітлення здійснюється через світлові отвори (вікна) в приміщеннях. Штучне освітлення приміщень здійснюється люмінесцентними лампами та лампами розжарювання.

Коефіцієнт природнього освітлення (при боковому освітленні) в приміщенні для зорової роботи IV (в) точності має становити $e_n = 1,5 \%$.

Освітленість робочої поверхні має відповідати нормам встановленим ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [28] для зорової роботи IV в точності і становити 300 лк.

Шум

У приміщеннях, де встановлена обчислювальна техніка і електронні пристрої основним джерелом шуму є вентилятори охолодження блоків апаратури, а також кондиціонери,. Шум вентиляторів є середньочастотним. Рівень шуму в приміщеннях для теоретичних робіт і обробки даних, а також для операторів ЕОМ повинен бути не більше 50 дБА [29].

6.2 Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті

Вимірювання – це відображення фізичних величин їх значеннями за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів [30].

У сфері безпеки життєдіяльності все метрологічне забезпечення має базуватися на сукупності санітарно-гігієнічних норм, затверджених Міністерством охорони здоров'я України. Однак, це можливо тільки в умовах, коли встановлені норми задовольняють основні вимоги метрології.

Ці вимоги, насамперед, встановлюють вказівки необхідної точності вимірювань нормованих величин. Відповідно визначаються вимоги до характеристик вимірювальних приладів, методик вимірювань і т. ін. відносно їх точності. Відсутність даних про значення точності, що вимагається, чи недостатньо обґрунтовані значення приладів викликають серйозні економічні і соціальні наслідки.

Вимірювання повинно виконуватись тільки тими працівниками, яким це доручено безпосередньо керівником, і проводити їх справними та перевіреними приладами.

Вимірювальні прилади повинні використовуватися у відповідності до експлуатаційних інструкцій, що додаються до кожного приладу.

Всі працівники, які займаються вимірювальними роботами, повинні раз на рік проходити перевірку знань правил безпеки з фіксацією результатів перевірки знань в спеціальному журналі та у посвідченнях про перевірку знань з охорони праці цих працівників.

– переконатися в достатній освітленості робочого місця; при недостатньому освітленні задіяти переносні освітлювальні пристрої

При проведенні вимірювань на об'єкті необхідно:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- мати чітке уявлення про небезпеку електричного струму і заходах по попередженню нещасних випадків;

– користуватись спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту;

– пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та відповідальність за товаришів по роботі;

– виконувати вимірювальні роботи на висоті тільки з риштувань, помостів чи драбин;

– при вимірюваннях виключити можливість наближення до частин, які знаходяться під напругою;

– при вимірюваннях параметрів в системі тепlopостачання (тиск, температура) необхідно дотримуватись.

– переконатися в достатній освітленості робочого місця; при недостатньому освітленні задіяти переносні освітлювальні пристрої;

Безпека проведення вимірювальних і випробувальних робіт повинна забезпечуватися захистом від можливих негативних впливів природного характеру і погодних умов. Небезпечні зони на території організації, у виробничих будівлях і спорудах, на робочих майданчиках, робочих місцях, повинні бути позначені відповідними знаками безпеки. При проведенні випробувань (вимірювань) приєднання вимірювальних приладів, а також встановлення і зняття

електролічильників для їх перевірки виконуються тільки після зняття напруги. Приєднання і від'єднання засобів випробувань (вимірювань) на об'єктах випробувань (вимірювань), що мають рухомі частини, необхідно виконувати після повної зупинки цих частин. Також необхідно запобігати непередбаченому пуску таких об'єктів під час виконання з'єднань [31].

6.3 Порядок організації евакуації працюючих із бюджетної установи

Захист населення від негативного впливу надзвичайних ситуацій є першочерговим завданням місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування та керівників підприємств, установ та організацій незалежно від форм власності. Вивчення міжнародного та вітчизняного досвіду реагування на надзвичайні ситуації свідчить про те, що вирішення цього завдання потребує комплексного підходу, який передбачає виконання заходів щодо створення захисних споруд, забезпечення людей засобами індивідуального захисту, підготовкою населення до дій за сигналами оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації, заздалегідь проведеного відселення, розосередження, евакуації населення та інших. В умовах неповного забезпечення захисними спорудами в містах та інших населених пунктах основним способом захисту населення у разі загрози або виникненні надзвичайної ситуації на сьогодні залишається своєчасний і швидкий вивіз або вивід людей з небезпечної зони у безпечні місця, тобто їхня евакуація. У той же час цей спосіб досить складний, вимагає ретельної підготовки всіх місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування та навчання населення [32].

Згідно із статтею 3 Конституції України [33] життя і здоров'я людини, честь і гідність, недоторканість і безпека є найвищими соціальними цінностями, за забезпечення яких держава відповідає перед нею. Безпека людини і навколишнього середовища, їх захищеність від впливу шкідливих техногенних, природних, екологічних і соціальних факторів є неодмінною умовою розвитку суспільства.

Для забезпечення безпечної евакуації людей повинні передбачатися заходи, спрямовані на:

- створення умов для своєчасної та безперешкодної евакуації людей у разі виникнення пожежі;

- захист людей на шляхах евакуації від дії небезпечних факторів пожежі.

Відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні НАПБ А.01.001- 2014 [34] мають бути розроблені і вивішені на видимих місцях плани (схеми) евакуації людей на випадок пожежі. На об'єктах з масовим перебуванням людей, які є навчальними (у тому числі дошкільними) закладами, закладами охорони здоров'я із стаціонаром, будинками для людей похилого віку б та інвалідів, санаторіями і закладами відпочинку, розважальними, культурно-освітніми та видовищними закладами, критими спортивними будинками і спорудами, готелями, мотелями, кемпінгами, торговими підприємствами та іншими аналогічними за призначенням об'єктами з масовим перебуванням людей, на доповнення до схематичного плану евакуації повинна бути розроблена та затверджена керівником інструкція, що визначає дії персоналу щодо забезпечення безпечної та швидкої евакуації людей, за якою не рідше одного разу на півроку мають проводитися практичні тренування всіх задіяних працівників [32].

У разі виникнення надзвичайної ситуації або пожежі на об'єктах персонал повинен:

- негайно повідомити про це за телефоном 101 підрозділ ДСНС, вказавши при цьому місцезнаходження об'єктів, місце виникнення надзвичайної ситуації або пожежі та кількість людей, які перебувають на об'єктах;

- організовує евакуацію осіб, що знаходяться на об'єктах, у першу чергу осіб з ураженнями опорно-рухового апарату, інвалідів з вадами зору та осіб із психічними захворюваннями і розумовою відсталістю із забезпеченням їх у разі потреби супроводом;

- визначає можливість відключення електроенергії на об'єктах і вживає заходів щодо її відключення за наявності такої можливості;

- за можливості розпочинає гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння та підручними засобами;

- вживає заходів щодо інформування осіб про виникнення надзвичайної ситуації або пожежі та попередження паніки на об'єктах (інформація подається спокійним тоном і в доступному форматі спілкування);

- організовує зустріч підрозділів ДСНС України та забезпечує їх безперешкодний доступ на території об'єктів.

З прибуттям підрозділу ДСНС України на об'єкти при виникненні надзвичайної ситуації або пожежі черговий персонал:

- а) надає старшому начальнику, який прибув на чолі підрозділу ДСНС, інформацію про:

- місце вибуху, пожежі, завалу, обрушення конструкцій тощо;
- вжиті заходи з евакуації осіб, які знаходяться на об'єктах, та - відключення електроенергії;

- наявність приміщень, де відключення електроенергії неможливе (операційні, реанімаційні, дитячі інкубатори тощо);

- місця розміщення осіб, які потребують евакуації, їх кількість і транспортабельність;

- місця розташування (складування) небезпечних матеріалів (хімічних реактивів, балонів з газами, горючих рентгенівських плівок, медпрепаратів на основі легкозаймистих і горючих рідин тощо); наявність обладнання з радіоактивними елементами; місцезнаходження бактеріологічних препаратів; б) бере участь в евакуації людей та майна, а у разі необхідності надає першу медичну (лікарську) допомогу постраждалим від надзвичайної ситуації або пожежі; в) забезпечує перевірку та санітарну обробку особового складу підрозділу ДСНС України, який виконував роботи у приміщеннях з бактеріологічними препаратами або в інфекційних відділеннях [32].

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі основна увага була приділена підвищенню ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій, аналізу фактичного споживання енергоресурсів за останні три роки, режимів споживання енергетичного обладнання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій з використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження., оскільки після ознайомлення з динамікою споживання ПЕР на об'єкті дослідження, став очевидним факт, що найбільше коштів витрачається на оплату теплової енергії на потреби опалення.

1) Виконано аналіз річного споживання електричної енергії, теплової енергії холодної та гарячої води.

2) Виконано обстеження енергетичних систем і системи водопостачання та водовідведення об'єкта. Розглянуті типи приладів обліку всіх спожитих енергетичних ресурсів.

3) Виконано розрахунок теплових втрат та теплових надходжень в будівлі. В результаті розрахунків було знайдено значення теплової потужності будівлі, яка склала $\Delta Q = 318863,2 \text{ Вт}$.

Запропоновані наступні заходи з модернізації енергетичних систем:

- встановлення індивідуального теплового пункту (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 400000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 228908,2 грн; термін окупності заходу – 1,7 року);

- встановлення насадки-аератора на крани для холодної та гарячої води: (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 2970 грн; економія в грошовому еквіваленті – 9427 грн; термін окупності заходу – 0,3 року);

- утеплення зовнішніх огорожуючи конструкцій (стеля) (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 841500 грн; економія в грошовому еквіваленті – 109364,6 грн; термін окупності заходу – 7,7 року);

- заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні: (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 3848 грн; економія в грошовому еквіваленті – 4025,6 грн; термін окупності заходу – 0,9 року);

Сума капітальних вкладень значна, але поступове впровадження даних заходів призведе до значної економії енергетичних ресурсів та плати за їх використання.

4) У розділі з охорони праці розглянуто три питання:

1. аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті;
2. техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті;
3. порядок організації евакуації працюючих із бюджетної установи

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз ефективності споживання енергетичних ресурсів в Україні [електронний ресурс] Режим посилання: http://market-infr.od.ua/journals/2018/17_2018_ukr/11.pdf
2. Енергетична галузь України. Підсумки 2016 року [електронний ресурс] Режим посилання: http://razumkov.org.ua/uploads/article/2017_ENERGY-FINAL.pdf
3. Проблеми підвищення енергоефективності та енергозбереження України [електронний ресурс] Режим посилання: <http://jrnl.nau.edu.ua/index.php/PPEI/article/viewFile/7244/8119>
4. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
5. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
6. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal-service.kiev.ua/news/210-novi-normatyvy-pytnoho-vodopostachannia-ta-norm-spozhyvannia-posluh.html>
7. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.sensus.net.ua/calmexn2.html>
8. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://elektrovoz.com.ua/lichilnik-elektroenergiyi-odnofaznij-elektronnij-meridian-so.html>
9. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <http://ve-ltd.com.ua/katalog-tovarov/schetchiki-vody/schetchik-vody-sensus-sensus-wp-dynamic-50-50-du50-kh-v-detail>
10. Лічильник гарячої води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://lantherm.dp.ua/p266399574-schetchik-vody-turbinnij.html>
11. Техпаспорт пірометра MiniTemp MT2 фірми Raytek.
12. Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-N1.

13. Цифровий люксметр [електронний ресурс] Режим посилання: http://www.izmerimvse.ua/Luksmetr_DE-3350.aspx
14. Рулетка вимірювальна [електронний ресурс] Режим посилання: <https://toolsua.com.ua/product/ruletka-izmeritel'naya-10m/a12ddae3994411e7/>
15. МЕТОДИКА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ [електронний ресурс] Режим посилання: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/viewFile/10596/9329>
16. Алгоритм проведення енергетичного обстеження [електронний ресурс] Режим посилання: http://www.agrosvit.info/pdf/7_2016/10.pdf
17. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014
18. КТМ 204 України 244-94. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. – Київ, 2001 р
19. Індивідуальний тепловий пункт [електронний ресурс] Режим посилання: <https://aw-therm.com.ua/itp-sistemi/>
20. Індивідуальний тепловий пункт [електронний ресурс] Режим посилання: <https://europrylad.com/ua/poslugy/635-vygotovlennja-itp>
21. Насадки-аератори [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bt.rozetka.com.ua>
22. Пінополіуретан [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.ppu.cv.ua/teploizoliatsiia-ppu/vlastyvosti-pinopoliuretanu.html>
23. Світлодіодні лампи [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.electrum.com.ua/uk>

24. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання:
https://pidruchniki.com/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv

25. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

26. « Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості Українию - – Київ, 2017 р. – 600 с.

27. ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні»

28. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення

29. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности»

30. Вимірювання [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://kodeksy.com.ua/dictionary/v/vimiryuvannya.htm>

31. Вимірювання [електронний ресурс] Режим посилання:
http://portal.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/08/16_Instrukciia_po_OT_pri_provedenii_elektrotekhnicheskikh_istpytanii.pdf

32. РЕКОМЕНДАЦІЇ щодо забезпечення безпечної та швидкої евакуації, здійснення заходів евакуації на об'єктах з масовим перебуванням людей, які є навчальними (у тому числі дошкільними) закладами, закладами охорони здоров'я із стаціонаром, будинками для людей похилого віку та інвалідів, санаторіями і закладами відпочинку [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://molodijne.odessa.gov.ua/wp-content/uploads/2016/06/Rekomendatsiyi-shhodo-zabezpechennya-bezpechnoyi-ta-shvidkoyi-evakuatsiyi.pdf>

33 Конституція України [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр>

34. Правил пожежної безпеки в Україні НАПБ А.01.001- 2014