

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

Фенько Владислава Володимирівна

ТЕМА: «РОЗРОБКА ЕНЕРГО-, ЕКОЛОГО- ТА ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ
ДЛЯ ПОКРАЩАННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ ЗОШ № 8»

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)

Сапожніков С.В.

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

К.Т.Н ДОЦЕНТ

_____ (наукове звання та наукова ступінь)

Суми – 2020

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Студента _____
Фенько Владислава Володимирівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Розробка енерго-, еколого- та економічних рішень для покращання енергозабезпечення будівлі ЗОШ № 8»

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2020 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 15.12.2020 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 (короткий опис загальних проблем з енергоспоживання та енергоефективності, до яких відноситься тематика випускної роботи);

Розділ 1 – Визначення вихідних даних, та їх характеристика (Характеристика об'єкту та предмету дослідження випускної роботи. Аналіз зібраних статистичних або дослідних даних з подальшим визначенням вихідних даних до розрахунку. Визначення та характеристика способу або методики проведення подальших розрахунків за отриманими вихідними даними).

Розділ 2 – Результати розрахунку задач за визначеною методикою (Основні положення визначеної методики розрахунку; представлення результатів розрахунку за кожним етапом розрахункового дослідження. Аналіз отриманих результатів. Розробка заходів або напрямів з удосконалення ефективності подальшого функціонування об'єкту дослідження).

Розділ 3 – Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. (Характеристика можливих небезпечних факторів, які треба враховувати при проведенні практичного дослідження за тематикою роботи, та їх розрахунковий аналіз)

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 09.11.2020 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 09.11 до 06.12.2020	
2	Захист переддипломної практики	до 10.12.2020	
3	Виконання 1-го розділу	до 25.11.2020	
4	Виконання 2-го розділу	до 06.12.2020	
5	Виконання 3-го розділу	до 13.12.2020	
6	Представлення виконаної роботи	до 15.12.2020	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.20	
8	Проведення захисту роботи	з 21.12 до 24.12.2019	

Студент-магістр

(підпис)

Керівник випускної роботи

(підпис)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

Умовні позначення

V – об'єм, м³;

T – температура, °С;

L – довжина, м.

H – висота, м;

Індекси та скорочення

δ – товщина огороджуючої конструкції, м;

n – кількість шарів в конструкції;

\emptyset – діаметр.

Абревіатура

ККД – коефіцієнт корисної дії.

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси.

ПДВ – податок на додану вартість.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 70 сторінки, 11 рисунків, 19 таблиць, 1 додаток, 34 літературні джерела.

Метою роботи: розробка енерго-екологічних рішень для покращання енергозабезпечення будівлі та розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі:*

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

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі Сумської класичної гімназії, аналіз і надання рекомендацій з ефективного використання енергоресурсів.

Об'єкт дослідження: будівля Сумської загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів №8 за адресою: вул. Троїцька, 7 та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, ІНДИВІДУАЛЬНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПУНКТ, РЕКУПЕРАТОР ТЕПЛОТИ, НАРЯД-ДОПУСК, ЕВАКУАЦІЯ.

Тема роботи – «Розробка енерго-, еколого- та економічних рішень для покращання енергозабезпечення будівлі ЗОШ № 8».

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ.....	10
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження.....	10
1.2 Опис дійсного стану будівлі.....	11
1.3 Обстеження енергетичних систем будівлі.....	11
1.3.1 Система опалення.....	12
1.3.2 Система електропостачання.....	12
1.3.3 Система водопостачання та водовідведення.....	12
1.3.4 Система вентиляції.....	12
1.3.5 Система обліку енергоресурсів	12
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	15
1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв	16
1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії.....	16
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії.....	17
1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води.....	19
1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	20
1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	20
1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	22
1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	23
1.6 Головні принципи енергозбереження в навчальному закладі.....	23
2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДАЛЬШОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	28
2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	28
2.2 Розрахунок тепловтрат.....	29
2.3 Розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції.....	31

2.4	Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря.....	32
2.5	Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію	34
2.6	Розрахунок теплонадходжень.....	34
2.7	Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	36
2.8	Утеплення зовнішніх огороджуваних конструкцій (стіни).....	39
2.9	Встановлення індивідуального теплового пункту.....	41
2.10	Встановлення насадки-аератора на крани холодної води.....	43
2.11	Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.....	44
2.12	Встановлення рекуператора теплоти.....	46
2.13	Визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами.....	48
2.14	Оцінка економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів.....	49
2.14.1	Утеплення зовнішніх огороджуваних конструкцій (стіни).....	49
2.14.2	Встановлення індивідуального теплового пункту.....	54
2.14.3	Встановлення насадки-аератора на крани холодної води.....	54
2.14.4	Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.....	55
2.14.5	Встановлення рекуператора теплоти.....	56
3	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	57
3.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті.....	57
3.2	Правила виконання робіт на висоті.....	60
3.3	Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу.....	63
	ВИСНОВКИ.....	65
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67
	ДОДАТОК А.....	70

ВСТУП

В умовах постійного зростання цін на основні види енергоресурсів, особливої актуальності набувають питання енергозбереження та підвищення енергоефективності в закладах та установах, що фінансуються з міського бюджету.

Актуальність проблеми енергозбереження для будівель бюджетних організацій, з одного боку, обумовлена соціальною значущістю цих об'єктів, з іншого боку, марнотратне споживання енергії та відсутність системного підходу до реалізації енергозберігаючих заходів є одними з основних причин дефіциту бюджетів усіх рівнів. Зважаючи на те, що останнім часом нові об'єкти бюджетної сфери в експлуатацію майже не вводяться, основні резерви енергозбереження знаходяться у сфері вдосконалення енергоспоживання раніше побудованих будівель бюджетних установ і економія паливно-енергетичних ресурсів в закладах бюджетної сфери зростає пропорційно виділенню на ці цілі коштів.

Слід відмітити, що для більшості освітніх закладів, до основних функцій яких належить забезпечення навчально-виховного процесу, енергоефективність – це не лише спосіб заощаджувати бюджетні ресурси і кошти галузі, а й спосіб покращити здоров'я вихованців та учнів навчальних закладів, що відповідним чином впливає на повноту та якість одержаної ними освіти.

Протягом останніх років спостерігається стійка тенденція до збільшення витрат з місцевого бюджету на оплату тепла об'єктами бюджетної сфери і саме тому виникла необхідність впровадження на цих об'єктах комплексної системи економії тепла [1].

Енергозбереження як діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), спрямована на раціональне використання енергії і природних енергетичних ресурсів.

Енергозберігаючі заходи повинні мати позитивний екологічний вплив на довкілля і навпаки, при оцінці витрат на зменшення шкідливих викидів необхідно враховувати економічні вигоди від енергозбереження, тобто окупність цих витрат[2].

Актуальність теми

Актуальність проблеми енергозбереження для будівель бюджетних організацій, з одного боку, обумовлена соціальною значущістю цих об'єктів, з іншого боку, марнотратне споживання енергії та відсутність системного підходу до реалізації енергозберігаючих заходів є одними з основних причин дефіциту бюджетів усіх рівнів. Зважаючи на те, що останнім часом нові об'єкти бюджетної сфери в експлуатацію майже не вводяться, основні резерви енергозбереження знаходяться у сфері вдосконалення енергоспоживання раніше побудованих будівель бюджетних установ і економія паливно-енергетичних ресурсів в закладах бюджетної сфери зростає пропорційно виділенню на ці цілі коштів. На жаль, до останнього часу, незважаючи на потенційні резерви в сфері підвищення енергоефективності будівель, проекти енергозбереження в бюджетній сфері обмежувалися лише встановленням приладів обліку ПЕР. Означені заходи, певною мірою, дозволяють знизити експлуатаційні витрати на енергоресурси, але не призводять до підвищення енергоефективності будівель [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 загальноосвітньої школи I-III ступенів №8 за адресою: вул. Троїцька, 7 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 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля Сумської загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів №8 за адресою: вул. Троїцька, 7 (рис 1.1).



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі

Технічні характеристики будівлі, згідно наданої інформації:

- призначення будівлі – навчальний заклад;
- кількість поверхів – 2 поверхи;
- загальна площа будівлі – 638,6 м²;
- опалювальна площа приміщень – 1848,1 м²;
- опалювальний об'єм приміщень – 9600 м³;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами – 9845,5 м³.

У закладі за даною адресою працює 52 працівники та навчається 328 дітей.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від централізованої системи тепlopостачання.

Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється централізовано. Встановлений швидкісний водопідігрівач.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Загальний стан будівлі дошкільного навчального закладу є задовільним. Стіни будівлі спереду та по боках оновлені та не мають явних пошкоджень, але з задньої частини будинку є пошкодження фасаду. Старі дерев'яні вікна замінені на металопластикові з однокамерним склопакетом. Будівля має три входи (один центральний та два службових), кожен з яких виконано у вигляді тамбуру, що значною мірою зменшує тепловтрати через відкривання дверей.

Підтримання комфортних температур внутрішнього повітря у приміщеннях з великими об'ємами вимагає більших витрат теплової енергії. Відсутність утепленого перекриття та зовнішніх стін у закладі призводить до того, що використовується більше енергії на нагрів приміщення.

1.3 Обстеження енергетичних систем будівлі

1.3.1 Система опалення

Теплопостачання Сумської ЗОШ № 8 здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір 78 – Т від 23.06.2019 року.

Магістральні трубопроводи до будівлі, прокладені під землею та під'єднуються в тепловому пункті до головних подавальних трубопроводів.

Ввід теплової мережі передбачений до теплового пункту, розміщеного у підвальному приміщенні. Трубопроводи тепломережі і деталі вузла обліку теплової енергії сталеві, теплова ізоляція частково відсутня.

Система опалення в будівлі однотрубна верхнім розподілом теплоносія; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальна.

В якості опалювальних приладів використовуються конвективні чавунні секційні радіатори типу МС-140.

1.3.2 Система електропостачання

Постачання електроенергії відбувається від АТ «Сумиобленерго» на підставі договору про постачання електричної енергії № 874/20 . Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-650 яка знаходиться на балансі АТ «Сумиобленерго» до якої підходить лінії електричних передач з номінальною напругою 0,4 кВт.

1.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано комунальним підприємством «Міськводоканал» СМР на підставі Договору №1087/20. Вода до будівлі подається по металевій трубі Ø 80 мм з боку вулиці Троїцька. Тиск води на вході в будівлю $P_{хв}=0,3$ МПа. Циркуляція води відбувається від тиску в мережах. Основними споживачами води є вчителі, технічні робітники та учні школи.

Водовідведення – централізоване.

1.3.4 Система вентиляції

Вентиляція призначена для створення та підтримання допустимих параметрів повітря у будівлі.

Система вентиляції у будівлі природня, крім кабінету хімії.

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії здійснюється за допомогою теплового лічильника типу SENSUS «PolluTherm – X», Pt 500 (рис 1.2), термін повірки - 27 лютого 2019 р.

Встановлений в тепловому пункті, на ввіді до будівлі перед елеваторним вузлом.



Рисунок 1.2 – Лічильник теплової енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [4]

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 електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу Меридіан СО Э-1.02/2 електронний (рис. 1.3), термін повірки - 20 липня 2018 р. Лічильник знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі школи.

Зняття показань лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць.



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника «Меридіан» СОЭ-1.02/2Т [5]

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

Облік холодної води здійснюється лічильником SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 (рис. 1.4), термін повірки – 19 вересня 2019 р. Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.



Рисунок 1.4 – Лічильник холодної води [6]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника SENSUS типу WP-Dynamic 50/50

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

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 25.05.2020 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 1211,3 грн/Гкал;

водопостачання – 9,792 грн/м³;

водовідведення – 9,624 грн/м³;

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

1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв

1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії

Обсяги споживання теплової енергії будівлею Сумської загальноосвітньої школи №8 по місяцях за 2017, 2018 і 2019 наведено в таблиці 1.4, та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.4 – Обсяги споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

Місяці	Споживання теплової енергії, Гкал		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	33,24	32,24	31,62
Лютий	28,12	27,78	29,67
Березень	27,45	28,96	25,37
Квітень	14,78	15,56	12,55
Травень	–	–	–
Червень	–	–	–
Липень	–	–	–
Серпень	–	–	–
Вересень	–	–	–
Жовтень	1,207	1,17	1,21
Листопад	25,86	14,53	15,74
Грудень	22,36	27,29	24,17
Всього	153,02	147,53	140,33

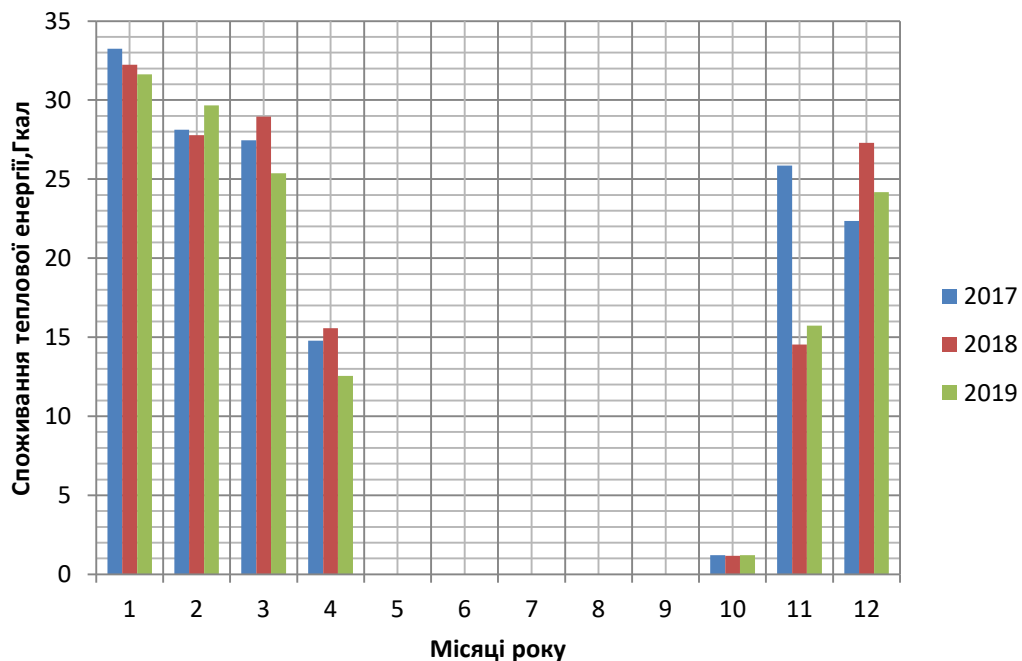


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

З діаграми видно, що максимум споживання теплової енергії на опалення приходить на грудень, січень і лютий, а мінімум на жовтень. Нерівномірність теплоспоживання у відповідні періоди кожного року пов'язана з різною температурою довкілля та неналежним керуванням режимами роботи системи тепlopостачання будівлі.

1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії будівлею Сумської загальноосвітньої школи №8 по місяцях за 2017, 2018 і 2019 роки наведено в таблиці 1.5, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.5 – Обсяги споживання електричної енергії за 2017 – 2019 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	11247,8	11204,4	11205,3

Продовження таблиці 1.5

Лютий	10090,3	10187,5	10989,8
Березень	10157,2	10160,2	10097,4
Квітень	9875,4	9880,3	9890,2
Травень	8480,1	7890,1	6956,1
Червень	4073	5080	5997,5
Липень	4985	4995	5987,4
Серпень	3115	3125,3	3245,2
Вересень	8936,1	8114	7126
Жовтень	10251,5	10320,1	10328
Листопад	11576,3	11402	11504,1
Грудень	11825,1	11880,8	11987,1
Всього	104612,8	104239,7	105314,1

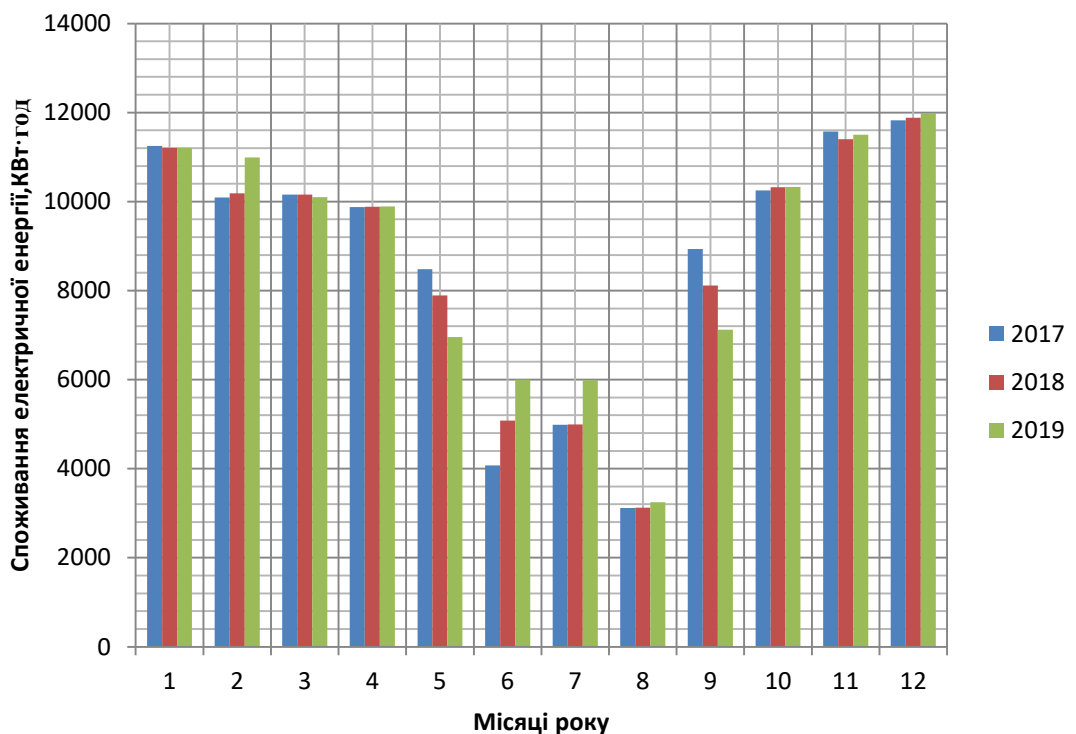


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

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.

1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води будівлею Сумської загальноосвітньої школи №8 по місяцях за 2017, 2018 і 2019 роки наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання холодної води за 2017 – 2019 роки

Місяці	Споживання холодної води, м ³		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	78	74	73
Лютий	75	73	71
Березень	69	71	70
Квітень	55	54	53
Травень	49	47	45
Червень	38	35	34
Липень	37	36	32
Серпень	38	39	35
Вересень	52	51	49
Жовтень	57	58	47
Листопад	68	70	62
Грудень	70	69	71
Всього	686	677	642

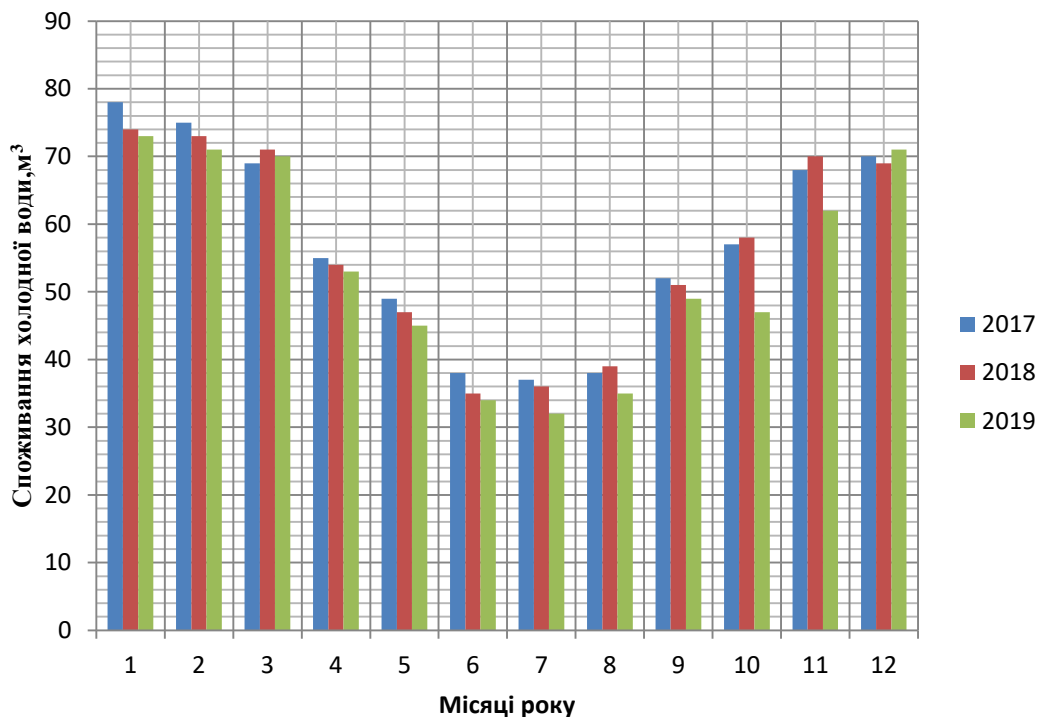


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

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

1.5 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 [7, 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 [7, 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 [7, п.5.3].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [7, 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 2017 рік – $Q_{оп} = 153,02$ Гкал;
- за 2018 рік – $Q_{оп} = 147,53$ Гкал;
- за 2019 рік – $Q_{оп} = 140,33$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2017 рік – $EP = 0,016$ Гкал/м³;
- за 2018 рік – $EP = 0,015$ Гкал/м³;
- за 2019 рік – $EP = 0,014$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,015 \text{ Гкал/м}^3$.

Отриманий результат по будівлі відповідає нормативній умові (1.2). Але, враховуючи результати енергетичного обстеження, треба зазначити, що із-за умов дотримання встановлених для будівлі лімітів по теплоспоживанню, регулювання відбору теплоти відбувається у "ручному" змінні режиму роботи вузла теплопункту, тобто здійснюється вимушене зменшення обсягів споживання теплоти; при цьому відбувається нерівномірне прогрівання приміщень закладу, що призводить до використання додаткових джерел теплоти, внаслідок чого підвищуються загальні витрати на оплату за енергопостачання будинку. У такій ситуації порушується циркуляційний тиск теплоносія в опалювальних приладах навчального закладу; можлива відсутність руху теплоносія в крайніх ділянках теплопровідної системи тощо.

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

$$\text{- 2017 рік: } \frac{104612,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{348 \text{ учнів}} = 300,6 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину};$$

$$\text{- 2018 рік: } \frac{104239,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{348 \text{ учнів}} = 299,5 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину};$$

$$\text{- 2019 рік: } \frac{105314,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{348 \text{ учнів}} = 302,6 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину}.$$

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 [9]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

- 2017 рік ($\frac{686000\text{л}}{348\text{ учнів}}$)/280днів = 7 л/добу;
- 2018 рік ($\frac{677000\text{л}}{348\text{ учнів}}$)/280днів = 6,9 л/добу;
- 2019 рік ($\frac{642000\text{л}}{348\text{ учнів}}$)/280днів = 6,6 л/добу.

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

1.6 Головні принципи енергозбереження в навчальному закладі

Проблема енергозбереження та енергоефективності сьогодні – одна з найактуальніших [10]. Основа розвитку будьякої держави – її енергетична безпека. Ефективне використання енергії дозволить скоротити її витрати, підвищити енергетичну безпеку країни. Освітні установи входять у першу, найбільшу групу споживачів теплової енергії. Відповідно, підвищення енергоефективності в установах освіти, реалізація заходів у сфері енергозбереження – одна з гарантій такої безпеки і, як наслідок, найважливіший ресурс прискорення економічного зростання. Ми живемо, вчимося, працюємо у будинках, які вже не відповідають сучасним стандартам [10]. Добре відомо, що Україна – одна із найбільш енерговитратних країн. Застосування сучасних енергозберігаючих технологій дозволило б зменшити приблизно у два рази спалювання різних видів палива, а значить, зменшити внесок країни у глобальне потепління на планеті [10].

Енергоефективність – ефективне (раціональне) використання енергетичних ресурсів. Використання меншої кількості енергії для забезпечення того ж рівня енергетичного забезпечення будівель або технологічних процесів на виробництві. Ця галузь знань перебуває на стику інженерії, економіки, юриспруденції і соціології [10].

На відміну від енергозбереження (заощадження, збереження енергії), головним чином спрямованого на зменшення енергоспоживання, енергоефективність (корисність енергоспоживання) – корисне (ефективне) витрачання енергії [10].

Розумне застосування енергетичних і природних ресурсів, їх раціональне споживання, увага до енергоефективних аспектів споживання, створення і використання передових технологій – завдання, які сьогодні стоять, перед усіма без винятку галузями економіки кожної країни [11].

Основними видами енергії, що витрачаються в будь-якому приміщенні є теплова та електрична енергії. Згідно з даними наукових публікацій, по електричній енергії можна виділити наступних споживачів: освітлення приміщень – 50-70%; нагрівальні пристрої (електричні чайники, плити тощо) – 10-20%; комп'ютерне обладнання та різні лабораторні стенди – до 10%. По тепловій енергії можна виділити таких споживачів тепла: опалення приміщення – 50-70%; система вентиляції – 10-25%; гаряче водопостачання – 16-30% [11].

В даний час у світі існує велика кількість програм з енергозбереження. Проте в Україні досі відсутня державна система, яка, сприяла б скороченню споживання енергоресурсів. Сьогодні, при наявності відповідного фінансування, не є проблемою утеплення приватних будинків і будівель, установка на батареї терморегуляторів. Але впровадження подібних заходів в установах бюджетної сфери, якими є навчальні заклади, найчастіше виявляється настільки трудомістким і дорогим, що термін окупності складає більше ніж життя самої будівлі навчального закладу, де це обладнання встановлено [10].

Енергозбереження є актуальною і необхідною умовою для нормального функціонування навчального закладу, оскільки підвищення ефективності використання енергії, при безперервному зростанні цін на енергоресурси і

відповідно зростанні вартості електричної і теплової енергії дозволяє добитися істотної економії як енергії так і фінансових ресурсів.

Нераціональне використання і втрати енергії призводять до втрати до 20% теплової енергії і до 15% електричної енергії. Відповідно це приводить: - до зростання бюджетного фінансування, на установу; - до погіршення екологічної обстановки [10].

Виділяють основні види енергозберігаючих заходів [12]:

1) організаційні заходи – заходи швидкої віддачі – внутрішній енергоаудит, складання енергетичного паспорта підприємства, розробка заходів енергозбереження та підвищення ефективності технологічних процесів, моніторинг виконання прийнятих заходів стимулювання і мотивація енергозберігаючої поведінки, введення права розпоряджатися коштами від економії енергоресурсів, встановлення правил закупівлі обладнання для енергоефективних технологій. Заходи швидкої віддачі можна розробити і реалізувати в межах року і вони дають суттєвий ефект при незначних витратах;

2) технологічні заходи – базові заходи – є більш радикальними та сприяють швидкому здійсненню економічно ефективних і фінансово привабливих інвестицій. Передбачають введення стандартів енергоефективності в сфері використання виробничих будівель, промислове обладнання, впровадження систем оборотного водопостачання, очищення вікон, фарбування стін приміщень світлою фарбою, використання відпрацьованого тепла холодильників і кондиціонерів для підігріву води, впровадження систем частотного регулювання та інших пристроїв, що забезпечують підвищення ККД електродвигунів в системах вентиляції, на насосних станціях та інших об'єктах зі змінним навантаженням. Але для реалізації енергоефективних проектів може бути потрібна фінансова підтримка з боку банків і лізингових компаній;

3) інвестиційні заходи – високовартісні та високоефективні заходи сприяють усуненню основних причин низької енергоефективності, в більшості випадків гарантують більш суттєву економію енергоресурсів, але вимагають більш високих початкових витрат. Це перш за все перехід до альтернативних джерел енергопостачання та використання сучасних енергозберігаючих технологій

виробництва продукції. Крім того, вели значення для реалізації даної групи заходів мають організаційні зміни на рівні країни та регіону, такі як реформа ціноутворення, вдосконалення ринків електроенергії та газу, перехід на інтегроване планування роботи різних джерел енергопостачання.

Заходи з підвищення енергоефективності будівель можуть бути реалізовані за двома напрямками: по-перше, оснащення будинку енергозберігаючим інженерним обладнанням, системами, елементами і огорожувальними конструкціями, які забезпечують можливість економного використання паливно-енергетичних ресурсів; по-друге, експлуатація житлових будівель і інженерного обладнання з метою досягнення високих показників енергоефективності, регулювання енергоспоживання, енергомоніторинг.

Якщо перший напрям реалізується у ході будівництва, реконструкції і переоснащення житлових будинків і їх інженерних систем на основі проектно-кошторисної документації і існуючих будівельних нормативів, то другий, може бути досягнутий за умови складання і виконання інструкцій і регламентів з експлуатації і обслуговування інженерного обладнання і будівельних конструкцій, проведення планово-профілактичних і ремонтних робіт, виконання робіт з контролю за рівнем споживанням теплової енергії, ощадним її використанням і дотриманням оптимальних параметрів мікроклімату приміщень, впровадження системи управління будівлею [13].

Одним із перших напрямів підвищення енергоефективності житлових будівництва є санація будівель (комплекс технічних заходів, спрямованих на відновлення будівлі з метою приведення теплотехнічних характеристик до сучасних вимог, норм і стандартів, а також зменшення витрат енергоресурсів та води). До санаційних робіт належать: проведення термоізоляції зовнішніх стін будівлі, підвалу та фундаменту; модернізація покрівлі з можливим облаштуванням її сонячними колекторами; модернізація теплових, водопровідних, каналізаційних, вентиляційних та електричних мереж, переведення будівлі на електротеплоакумуляційний обігрів; заміна радіаторів опалення встановлення приладів обліку енергоресурсів та води, будівництво або модернізація котелень

будівлі; облаштування або ремонт теплових пунктів; заміна і ремонт вікон, вхідних дверей до будівлі.

За статистичними даними утеплення зовнішніх стін будівель забезпечує близько 35% економії теплової енергії в рік від загального обсягу споживання, утеплення огорожувальних конструкцій та встановлення теплових пунктів – 60% (вікна -5%, стіни -30%, верхні поверхи – 10%, фундамент -4%, теплові пункти – 11%).

До другого напрямку підвищення енергоефективності житлового будівництва відносяться такі заходи: контроль якості і обліку обсягів споживання теплоти і інших енергоресурсів, які споживаються для забезпечення теплового комфорту у будинку; збір і постійний аналіз даних про витрати теплоносія, теплової енергії, а також температури у подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі згідно з показаннями приладів у будинковому вузлі обліку теплової енергії; виявлення причин перевитрат теплової енергії і впровадження заходів із зменшення споживання теплоти; регулювання процесів використання енергоресурсів; організація технічного обслуговування систем автоматичного регулювання параметрів і обсягів енергоресурсів, своєчасне виконання планово-профілактичних робіт, гідравлічного випробування і промивання систем опалення і гарячого водопостачання; перевірки чистоти і герметичності вентиляційних каналів; складання інструкцій з експлуатації систем опалення, гарячого водопостачання і вентиляції будинку, виконання вимог таких інструкцій; контроль за параметрами мікроклімату у приміщеннях будинку; зниження нераціональних витрат енергоресурсів, використання функції зменшення відпуску теплової енергії у автоматичних системах регулювання [13].

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДАЛЬШОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

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

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

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q min}, \quad (2.1)$$

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 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 :

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (2.2)$$

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

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

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma np}$, м²·К/Вт, непрозорі огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.1) розраховується за формулою [14]:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.3)$$

де α_6 , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К);

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

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.2), м² · К/Вт; [14]

2.2 Розрахунок тепловтрат

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

2.2.1 Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень

$$\sum Q_{\text{втрат}} = \sum Q_0 + \sum Q_{\text{д}} + \sum Q_{\text{інф}} + \sum Q_{\text{е}}, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

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

ΣQ_{∂} – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

$\Sigma Q_{инф}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

$\Sigma Q_{в}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

2.2.1 Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, стелі, світлові прорізи, двері, підлоги)

$$Q_0 = \frac{F_{опр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

де $F_{опр}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м²;

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

$t_в, t_з,р$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C;

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

2.2.2 Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{ст} + \Sigma Q_{стл} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з,д} + \Sigma Q_{пдл}, \text{ Вт} \quad (2.6)$$

де $\Sigma Q_{ст}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження (вертикальної конструкції), Вт;

$\Sigma Q_{стл}$ – сумарні втрати теплоти через стелю (покриття), Вт;

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

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

$\Sigma Q_{ndл}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги на ґрунті, Вт.

2.3 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 [14].

2.3.1 Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

$$\Sigma Q_{op}^o = \Sigma Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де ΣQ_{cm} – сумарні тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу ($\beta_{op}=0,13$) [14].

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

$$\Sigma Q_{ndл}^o = 0,05 \cdot Q_{ndл}, \text{ Вт} \quad (2.8)$$

де $Q_{ndл}$ – втрати теплоти через неутеплені підлоги, Вт.

2.3.3 Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\Sigma Q_o = \Sigma Q_{op}^o + \Sigma Q_s^o + \Sigma Q_{ndл}^o, \text{ Вт} \quad (2.9)$$

де ΣQ_{op}^o – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

ΣQ_e^0 – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

ΣQ_{ndl}^0 – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

2.4 Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

2.4.1 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{вкн}^{инф} = 0,28 \cdot G_{н.вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_в - t_{з.р}) \cdot n_в, \text{ Вт} \quad (2.10)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$;

$t_в, t_{з.р}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^\circ\text{С}$;

$G_{н.вкн}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

$F_{вкн}$ – площа віконного прорізу, м^2 .

$n_в$ – кількість однотипних вікон.

2.4.2 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті двері

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через відкриті двері, може бути визначена за рівнянням:

$$G_{вд} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (2.11)$$

де B і H – ширина та висота дверей відповідно, м;

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8);

g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$;

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с ; II-а кліматична зона – $2,1 \text{ м/с}$) [10];

$\Delta\rho$ – різниця густин повітряних мас ($\Delta\rho = \rho - \rho_c$), кг/м^3 ;

ρ_c – середня густина повітряних мас, кг/м^3 (при нормальних умовах $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$);

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_g + t_{cp.on})]} \quad (2.12)$$

$t_{cp.on}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

Теплова потужність, яка необхідна для нагріву повітря, що вривається у двері без повітряної завіси, знаходиться за формулою:

$$Q_{ep}^{inf} = G_{ep} \cdot c \cdot (t_g - t_{z.p}) \cdot k_g, \text{ кВт} \quad (2.13)$$

де G_{ep} - масова витрата зовнішнього повітря, що поступає через ворота, кг/с;

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

t_g і $t_{z.p}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

k_g – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкриття воріт протягом години.

2.4.3 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{z.d}^{inf} = 0,28 \cdot G_{z.d} \cdot c \cdot (t_g - t_z), \quad (2.14)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

t_g , $t_{z.p}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$G_{z.d}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год:

$$G_{z.d} = b_{n.d} \cdot L_{n.d} \cdot v_{cp.n.d} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (2.15)$$

де $b_{n.d}$ – ширина встановленої дверної або іншої нещільності (приймається 5 мм), м;

$L_{n.d}$ – довжина нещільності (береться загальний периметр воріт), м;

$v_{\text{ср.н.д}}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільність (приймається 0,8 м/с), м/с [10];

m_n – маса 1 м³ повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3$ кг)[10].

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{\text{инф}} = Q_{\text{вкн}}^{\text{инф}} + Q_{\text{ер}}^{\text{инф}} + Q_{\text{з.о}}^{\text{инф}}, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

2.5 Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_e = 0,28 \cdot V_{\text{п}} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_e - t_{\text{з.р}}) \cdot n_k \cdot k_v, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

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

t_e і $t_{\text{з.р}}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

$V_{\text{п}}$ – внутрішній об'єм приміщення, м³;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3$ кг/м³

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹ (за умовою завдання);

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

2.6 Розрахунок теплонадходжень

2.6.1 Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

2.6.2 Теплонадходження від працюючого електроустаткування

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

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

k_{II} – коефіцієнт завантаження;

η – ККД електроустаткування;

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію;

2.6.3 Теплонадходження від джерел освітлення

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_3, \text{ Вт} \quad (2.20)$$

де N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову;

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення;

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

2.6.4 Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{ол}, \text{ Вт} \quad (2.21)$$

де q_c , q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м² скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м² ($q_c=250$ Вт/м²; $q_T=100$ Вт/м²);

F_c , F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м²;

$k_{O.P}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ($k_{O.P}=0,6$).

2.6.5 Сумарні теплонадходження

$$Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад}, \text{ Вт} \quad (2.22)$$

2.7 Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \text{ Вт} \quad (2.23)$$

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

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

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність λ_i , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$R_{\Sigma пр}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \text{ min}}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,55	0,81	0,88	3,3
		Цементно-піщана штукатурка	0,03	0,81		
		Декоративна штукатурка	0,005	0,81		
2	Суміщене покриття	Залізобетонна плита	0,22	1,92	1,55	5,35
		Керамзит	0,15	0,12		
		Руберойд	0,01	0,17		

Продовження таблиці 2.1

3	Вікна	Металопластикові з однокамерним склопакетом	–	–	0,44	0,75
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,32	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,05	0,81		
		Плитка для підлоги	0,005	0,96		

Отримані результати ($R_{\Sigma_{np}} \ll R_{q_{min}}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [7, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозбережних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [15].

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметра
Температура у середині приміщення	20
Температура в підвальному приміщенні	8
Температура зовнішнього повітря	-25
Загальна площа зовнішніх стін	1325,6
Загальна площа площі спередкриття даху	638,6
Загальна площа вікон	153,9
Загальна площа дверей	9
Загальна площа перекриття над тех.підпіллям	638,6
Допоміжний коефіцієнт	0,28
Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огородження	8
Коефіцієнт теплоємності повітря	1,005
Внутрішній об'єм приміщення	9600
Густина повітря, яке видаляється з приміщення	1,3
Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання	0,85
Кратність повітрообміну приміщення	0,8

Продовження таблиці 2.2

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметра
Кількість людей в приміщенні	400
Явні теплонадходження від людей	103
Номинальна потужність електроустаткування	10000
Коефіцієнт завантаження	0,85
ККД електроустаткування	0,9
Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9
Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3
Потужність одного джерела освітлення	20
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	325
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління освітленого сонцем	250
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління перебуваючого в тіні	100
Площа заповнення світлових прорізів	76,95
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні)	76,95
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 2.3 – Розрахункові дані

Розрахункові дані	Значення параметра
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін	0,88
Приведений опір теплопередачі для стелі	1,55
Приведений опір теплопередачі для дверей	0,5
Визначення приведенного опору теплопередачі для вікон	0,44
Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги	0,32
Втрати теплоти через стіни,Вт	63267,27
Втрати теплоти через стелю,Вт	17304
Втрати теплоти через вікна,Вт	14690,45
Втрати теплоти через підлогу,Вт	23947,5
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	14551,31
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	100299,1
Сумарні тепловтрати,Вт	234059,6
Теплонадходження від людей, Вт	41200
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	2770,5

Продовження таблиці 2.3

Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	1560
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	16159,5
Сумарні теплонадходження,Вт	61690
Теплова потужність будівлі,Вт	172369,6
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, Вт	367887,3

2.8 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стіни)

Додаткове утеплення стін спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

Для утеплення стін будівлі пропонується використати мінераловатні плити. Теплопровідність панелі $\lambda = 0,04 \text{ Вт/мК}$ [16].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{ум.оз.к}} = (R_{q\text{min}} - R_{\sum \text{ПРсм}}) \cdot \lambda_{\text{ум}} \quad (2.24)$$

де $\lambda_{\text{ум}} = 0,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – теплопровідність ізолюючого матеріалу [16].

$R_{q\text{min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ [7].

$$\delta_{\text{ум.см}} = (3,3 - 0,85) \cdot 0,1 = \text{м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

$$Q_{\text{оз.к}}^{\text{із}} = \frac{F_{\text{оз.к}}}{R_{q\text{min}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n \quad (2.24)$$

$$Q_{ст}^{із} = \frac{1325,6}{3,3} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 18076,4 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період (для м. Суми складає 187 діб) по формулі [17]:

$$Q_{ст}^{рік} = 18,1 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 38630 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 33,2 \text{ Гкал.}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 33,2 \cdot 1211,3 = 40215,2 \text{ грн} / \text{рік.}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Рона» вартість 1 м² плити мінераловатної товщиною 100 мм складає 90 грн [18]. Вартість робіт по встановленню плит складає 200 грн/м². Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

$$K = F_{ог.к} \cdot (C_{тов} + C_{роб}) \quad (2.27)$$

де $C_{тов}$ – вартість одиниці продукції, грн.,

$C_{робіт}$ - вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

$$C_{впов}^{ст} = 1325,6 \cdot (90 + 200) = 384424 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} \quad (2.28)$$

$$T_{ок} = \frac{384424}{40215,2} = 9,5 \text{ років.}$$

2.9 Встановлення індивідуального теплового пункту

Практика застосування систем погодозалежного регулювання (зокрема встановлення автоматизованого індивідуального теплового пункту) та комерційного обліку тепла підтверджує значне скорочення енергоспоживання (до 20%), при цьому споживачі тепла отримують реальну економію та можливість підвищити рівень комфорту свого проживання [19]. Оптимізація існуючої неощадної системи тепlopостачання 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 тепlopостачальної 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.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд ІТП

Вартість обладнання з доставкою та монтажем складає: $K=150000$ грн [19].

Економія теплової енергії після встановлення ІТП складе 10%.

За 2018-2019 опалювальний рік корпусом було спожито 140,33 Гкал теплової енергії.

Тоді:

$$E=140,33 \cdot 0,1=14 \text{ Гкал.}$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$\Delta E = 14 \cdot 1211,3 = 16958,2 \text{ грн}$$

Простий термін окупності:

$$T = \frac{150000}{16958,2} = 8,8 \text{ років.}$$

2.10 Встановлення насадки-аератора на крани для холодної води

Устаткування являє собою невелику насадку, що встановлюється на змішувач (рис 2.2). Крім економії води аератор насичує рідину повітрям, що робить потік більш м'яким і приємним, а також сприяє вивітрюванню з води хлору [20].



Рисунок 2.2 – Насадка-аератор [21]

В будівлі школи встановлено сучасні крани в кількості 20 штук без насадок.

Ціна однієї насадки складає 99 грн.

Капітальні затрати на придбання складуть:

$$K = 20 \cdot 99 = 1980 \text{ грн.}$$

Економія споживання води після встановлення насадки складає близько 50% [20]. Тоді економія в споживанні води складе (за 2019 рік було спожито 642 м³ холодної води)

$$E_{x.e} = 642 \cdot 0,5 = 321 \text{ м}^3$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 321 \cdot (9,792 + 9,624) = 6232,5 \text{ грн}$$

Термін окупності складе

$$T_{ок} = \frac{1980}{6232,5} = 0,3 \text{ року.}$$

2.11 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

Світлодіодні лампи це принципово нові електричні джерела світла, в яких використовуються потужні світловипромінюючі діоди високої ефективності (рис 2.3).

Світлодіодні лампи володіють високими технічними і споживчими характеристиками, зручні в експлуатації і можуть застосовуватися в освітлювальних приладах замість ламп розжарювання, галогенних і енергозберігаючих ламп [21].



Рисунок 2.3 – Лампа світлодіодна

Пропонується замінити люмінесцентні лампи на нові світлодіодні.

Кількість ламп які необхідно замінити складає 60 штук. Ціна однієї світлодіодної лампи складає 50 грн [21].

Капітальні затрати на встановлення ламп складуть:

$$K = 60 \cdot 50 = 3000 \text{ грн.}$$

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

Лампи світлодіодні, 18 Вт:

$$C_1 = 0,018 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 60 \text{ штук} = 2160 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік};$$

Світлодіодна лампа 15 Вт (з низьким світловим потоком):

$$C_2 = 0,015 \text{ кВт} \cdot \text{год} \times 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 60 \text{ штук} = 1800 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік.}$$

Економія в споживанні електричної енергії після встановлення світлодіодних ламп складає

$$C = C_1 - C_2 = 2160 - 1800 = 360 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік.}$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 2,72 \cdot 360 = 1051 \text{ грн.}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{3000}{1051} = 2,8 \text{ року.}$$

2.12 Встановлення рекуператора теплоти

Для шкільних та інших навчальних закладів необхідно встановлювати припливно-витяжну вентиляцію з рекуперацією тепла. Ці вентиляційні установки, в яких по обидва боки є два вентилятори, які обертаються у протилежні сторони. Відповідно припливне і витяжне повітря рухаються одночасно різними каналами одне назустріч іншому. Завдяки теплообміннику витяжне повітря віддає тепло припливному, цей процес називається рекуперацією. Таким чином повітря з вулиці потрапляє у приміщення свіжим і підігрітим до кімнатної температури [22].

Обираючи вентиляційну установку, слід врахувати, що в зимовий період приміщення буде значно охолоджуватись. А відтак на вентиляцію доведеться додатково витратити теплоресурси. Якщо ж встановити припливно-витяжну установку з рекуперацією тепла, то навпаки, все внутрішнє тепло зберігається, при цьому свіже повітря продовжує поступати.

Також важливо, що при видаленні відпрацьованого повітря з приміщення видаляється зайва волога, яка є найбільшим ворогом будь-якої споруди. Через надмірну вологість з'являється пліснява та грибок на стінах, потіють вікна. Лише правильна вентиляція може ефективно впоратись з цими проблемами [22]. Економія теплової енергії – близько 20% [22].

Принцип роботи рекуператора зображено на рисунку 2.4 [22].



Рисунок 2.4 – Принцип роботи рекуператора

Після обстеження кабінетів рекомендується встановити 10 рекуператорів Прана.

Визначемо економію теплової енергії при використанні рекуператора:

$$\Delta Q_{e.g} = \eta \cdot Q_{e.g} = 0,2 \cdot 100299,1 = 20059,8 \text{Вт}.$$

Знайдемо різницю тепловтрат через витяжну вентиляцію за рік:

$$Q_{\text{вп}}^{\text{рік}} = 20059,8 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 42813,5 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Економію втрат теплоти за рахунок впровадження енергозберігаючого заходу знаходимо за формулою :

$$B = 42813,5 \cdot 0,00086 = 36,8 \text{ГКал}.$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 36,8 \cdot 1211,3 = 44599,5 \text{грн} / \text{рік}.$$

Згідно інформації виробника вартість однієї установки становить 9500 грн [24], доставка безкоштовна. Вартість робіт по встановленню складає 20% від вартості установки [23]. Вартість впровадження заходу знаходимо по формулі :

$$K = n \cdot (C_{\text{мов}} + C_{\text{роб}}) = 10 \cdot (9500 + 0,2 \cdot 9500) = 114000 \text{грн}.$$

Термін окупності складе:

$$T_{\text{ок}} = \frac{114000}{44599,5} = 2,6 \text{року}.$$

Зменшення теплової потужності будівлі в залежності від впровадження енергозберігаючих заходів показано на графіку (Додаток А).

2.13 Визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами

Валові викиди забруднюючих речовин та парникових газів визначаються на основі постійних вимірювань концентрацій забруднюючих речовин у димових газах котлів, а за відсутності лічильників — на основі розрахункових методів за даними про витрати та склад використаного палива і характеристики котлів та газоочисних установок [25].

Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу при спалюванні природного газу наведено в [25].

Розрахунок проведемо за допомогою програми Microsoft Excel [15].

Вихідні дані наведено в таблиці 2.4.

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Теплотворна здатність природного газу, кКал	7600
ККД котла, %	0,85
Нижча робоча теплота згорання палива, МДж/кг	45,75
Густина природного газу, кг/м ³	0,723
Показник емісії забруднюючих речовин:	
Оксиду азоту, г/Гдж	64,311
Оксиду вуглецю, г/Гдж	248,75
Діоксид вуглицю, г/Гдж	58748,13
Оксиду діазоту, г/Гдж	0,1
Метан, г/Гдж	1
Споживання теплової енергії будівлею, Гкал	140,33
Економія в споживанні теплової енергії після впровадження енергозберігаючих заходів, Гкал	45,2

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу

До впровадження енергозберігаючих заходів	Значення параметру
Кількість витрачено природного газу для потреб опалення,м ³	21722,91022
Кількість витрачено природного газу для потреб опалення,т	15,70566409
Валовий викид оксидів азоту	0,001010047
Валовий викид оксидів вуглецю	0,003906784
Валовий викид діоксиду вуглецю	0,922678396
Валовий викид оксиду діазоту	1,57057E-06
Валовий викид метану	1,57057E-05
Після впровадження енергозберігаючих заходів	
Кількість витрачено природного газу для потреб опалення,м ³	13003,09598
Кількість витрачено природного газу для потреб опалення,т	9,40123839
Валовий викид оксидів азоту	0,000604603
Валовий викид оксидів вуглецю	0,002338558
Валовий викид діоксиду вуглецю	0,552305175
Валовий викид оксиду діазоту	9,40124E-07
Валовий викид метану	9,40124E-06

Даний розрахунок показує, що розроблені енергозберігаючі заходи зменшують валові викиди забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу.

2.14 Оцінка економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів

2.14.1 Утеплення зовнішніх огорожуючи конструкцій (стіни)

Методика розрахунку наведено в [26].

Цей проект спрямований на зменшення витрат теплової енергії, шляхом утеплення зовнішніх огорожуючи конструкцій - стін.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз утеплення стін будинку.

Капітальні витрати на впровадження заходу будуть складати $K = 384424$ грн.

Після утеплення зовнішніх стін економія тепловтрат у грошовому еквіваленті становитиме 40215,2 грн/рік.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергоощадного заходу дисконтним методом [26].

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули:

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (5.1)$$

де P_t – чистий грошовий потік (грошові надходження) у році t ;

I_0 – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

r – дисконтна ставка, що використовується для приведення доходів та інвестиційних витрат до єдиного моменту часу (виражається у частках одиниць);

t_n – момент отримання першого доходу;

T – термін реалізації (життєвий цикл) інвестиційного проекту, років.

Для подальшого аналізу складемо таблицю 2.6. Ставку дисконту візьмемо на рівні 10 % (0,1).

Таблиця 2.6 - Оцінка NPV

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати)	Вигоди D (дохід)	чистий грошовий потік, P_t	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV
0	-384424	-384424		1		
1	0	40215,2	-344208,8	0,952	38300	- 346124
2	0	40215,2	-303993,6	0,907	36476	- 309647
3	0	40215,2	-263778,4	0,864	34739	- 274908
4	0	40215,2	-223563,2	0,823	33085	- 241823

Продовження таблиці 2.6

5	0	40215,2	-183348	0,784	31510	-	210313
6	0	40215,2	-143132,8	0,746	30009	-	180304
7	0	40215,2	-102917,6	0,711	28580	-	151724
8	0	40215,2	-62702,4	0,677	27219	-	124505
9	0	40215,2	-22487,2	0,645	25923	-	-98582
10	0	40215,2	17728	0,614	24689	-	-73893
11	0	40215,2	57943,2	0,585	23513	-	-50380
12	0	40215,2	98158,4	0,557	22393	-	-27987
13	0	40215,2	138373,6	0,530	21327	-	-6660
14	0	40215,2	178588,8	0,505	20311	-	13652
15	0	40215,2	218804	0,481	19344	-	32996
16	0	40215,2	259019,2	0,458	18423	-	51419
17	0	40215,2	299234,4	0,436	17546	-	68965
18	0	40215,2	339449,6	0,416	16710	-	85675
19	0	40215,2	379664,8	0,396	15915	-	101590
20	0	40215,2	419880	0,377	15157	-	116746
21	0	40215,2	460095,2	0,359	14435	-	131181
22	0	40215,2	500310,4	0,342	13748	-	144929
23	0	40215,2	540525,6	0,326	13093	-	158022
24	0	40215,2	580740,8	0,310	12469	-	170491
25	0	40215,2	620956	0,295	11876	-	182367
	IRR	9%			566791		

$$NPV = 566791 - 384424 = 182367 \text{ грн}$$

Результат розрахунку *NPV* є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту. У даному випадку $NPV > 0$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також із таблиці 2.6 бачимо, що в абсолютних величинах проект окупається за 9,5 років, а з

урахуванням дисконтної ставки – за 13 років. Чистий дохід проекту становить 566791 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 182367 грн.

Індекс дохідності PI розраховуємо :

$$PI = \frac{566791}{182367} = 3,1$$

Оскільки $PI > 1$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). Із великою вірогідністю проект може бути реалізовано.

Розрахунок IRR у програмі Microsoft Excel проводиться у такій послідовності (табл. 2.7).

1. У клітинку A1 заносимо величину інвестицій.
2. У клітинки A2 – A425 заносимо розмір чистого грошового потоку у кожному році за весь життєвий цикл проекту.
3. У клітинку A25 заносимо формулу = $IRR(Q8 : Q48)$.
4. Отримуємо результат – 9 %.

Таблиця 2.7 – Оцінка IRR (фрагмент таблиці Microsoft Excel)

	Q
1	2
2	-384424
3	40215,2
4	40215,2
...	...
24	40215,2
25	40215,2
Формула	= $IRR(Q8 : Q25)$
Результат	9 %

$IRR > r$, тобто IRR перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту.

Проект можна прийняти до впровадження.

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 13 + \frac{384424 - 370772}{20311} = 13,7 \text{ років.}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	384424
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	40215,2
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	182367
3.3	Індекс дохідності	3,1
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	9
3.5	Дисконтований термін окупності, років	13,7

Цей енергоощадний захід є ефективним, оскільки $NPV > 0$. Отже, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості. Проект може бути реалізований із великою вірогідністю.

2.14.2 Встановлення індивідуального теплового пункту

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.14.1. Результати занесемо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	150000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	16958,2
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	89008
3.3	Індекс дохідності	2,6
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	10
3.5	Дисконтований термін окупності, років	11,6

2.14.3 Встановлення насадки-аератора на крани для холодної води

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.14.1. Результати занесемо до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	1980

Продовження таблиці 2.10

2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Річна економія води після впровадження заходу, м ³	393
3.2	Вартість холодної води, грн/м ³	19,416
3.3	Річна економія	6232,5
3.4	Рентабельність заходу, %	5
3.5	Термін окупності, років	0,3

2.14.4 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.14.1. Результати занесемо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	3000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	1051
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	6540
3.3	Індекс дохідності	2,9
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	35
3.5	Дисконтований термін окупності, років	3,5

2.14.5 Встановлення рекуператора теплоти

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.14.1. Результати занесемо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	114000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	44599,2
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	683891
3.3	Індекс дохідності	3,2
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	39
3.5	Дисконтований термін окупності, років	3,8

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 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 [27].

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори стандартом поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні [27]. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші - на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

Електробезпека

На основі «Правила улаштування електроустановок» [28] 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» [29] 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 і 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 3.1 приведені оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень.

Таблиця 3.1 – Оптимальні та фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень для легкої категорії робіт (Іа).

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 [30] 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 [31].

3.2 Правила виконання робіт на висоті

Роботи на висоті – це роботи, при виконанні яких працівник перебуває на відстані менше 2 м від межі неогороджених зовнішніх або не перекритих внутрішніх перепадів по вертикалі 1,3 м і більше від робочої поверхні (грунту, перекриття, робочого настилу), а також роботи на похилій робочій поверхні незалежно від відстані від межі перепадів по вертикалі та наявності огороження[32].

Основним засобом захисту, що запобігає падінню з висоти, є захисне огороження перепадів по вертикалі або перекриття робочим настилом внутрішніх прорізів робочої поверхні, а допоміжним — безлямковий запобіжний пояс, який за функціональним призначенням використовують лише для підтримування працівника [32].

Згідно з [32 п.1] Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті (далі – Правила) поширюються на суб'єктів господарювання, які організовують або виконують роботи на висоті, у тому числі верхолазні роботи, і встановлюють вимоги безпеки і охорони праці під час здійснення будівництва, монтажу (демонтажу) конструкцій і обладнання, ремонту, реконструкції, експлуатації об'єктів.

Для створення безпечних умов під час виконання робіт на висоті необхідно [33]:

- забезпечити наявність, міцність і стійкість огорожень, риштувань, настилів, драбин тощо;
- забезпечити працівників необхідними засобами захисту та використовувати їх за призначенням;
- застосовувати технічно справні машини, механізми і пристрої, укомплектовані необхідною технічною документацією;

- забезпечити необхідну освітленість на робочих місцях та безпечні проходи до них;

- уживати заходи щодо усунення або зменшення впливу шкідливих та/або небезпечних факторів;

- урахувувати метеорологічні умови, а також стан здоров'я працівників, які виконують роботи на висоті.

Працівники, які виконують роботу на висоті, зобов'язані [33]:

1) знати і виконувати вимоги цих Правил, інших нормативно-правових актів та інструкцій з охорони праці, що стосуються їх робіт чи професій;

2) дбати про особисту безпеку, а також про безпеку оточуючих людей під час виконання будь-яких робіт;

3) виконувати роботи із застосуванням касок, запобіжних поясів, інших засобів індивідуального та колективного захисту;

4) проходити в установленому порядку медичний огляд.

Згідно [33] не дозволяється виконувати роботи на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 10 м/с і більше, при ожеледиці, грозі або тумані, який затрудняє видимість в межах фронту робіт, а також у нічний час при недостатній освітленості та якщо температура повітря вище плюс 35 0С або нижче мінус 200С. Невідкладні роботи на висоті в більш складних погодних умовах (при інших температурах тощо), виконуються за рішенням роботодавця. При цьому в ПВР слід передбачити додаткові заходи безпеки, що відповідають цим умовам.

Огородження, що встановлюються на робочих місцях, і проходи до них на висоті мають відповідати вимогам [33].

Межі небезпечних зон поблизу частин машин, що рухаються, визначаються відстанню не менше 5 м, якщо немає інших підвищених вимог у документах з експлуатації виробників [33].

У разі одностороннього примикання настилів (перекриття) до стін, слід огороджувати прорізи в стінах, якщо їх нижній край розташований на висоті менше 0,7 м від рівня настилу (перекриття) [33].

Межі небезпечних зон в місцях, над якими переміщуються вантажі вантажопідіймальними кранами, а також поблизу будівель і споруд під час

здійснення будівництва, монтажу (демонтажу) конструкцій і обладнання, ремонту, реконструкції, експлуатації тощо об'єктивта під час електрозварювальних робіт на висоті зазначені [33].

Площадки та драбини мають відповідати вимогам [33].

Драбини чи скоби, що використовуються для підймання або опускання працівників на робочі місця, розташовані на висоті більше 5 м, мають бути обладнані пристосуваннями для закріплення стропа запобіжного пояса (канат з уловлювачем та ін.). Запобіжні пояси застосовуються відповідно до 4.2 цих Правил[33].

Кожна драбина повинна бути міцною, надійно закріпленою і мати достатню довжину, щоб забезпечувати надійну опору для рук та ніг працівників у будь-якому робочому положенні [33].

Небезпечна зона навкруги щогл (веж) визначається відстанню від центра щогли (вежі), яка дорівнює $1/3$ її висоти [33].

Проходи, проїзди, переходи до робочих місць а також сходи, площадки тримають справними і чистими, а розміщені просто неба – необхідно очищати від снігу і льоду та посипати піском [33].

Настили площадок і переходів, а також поручні до них надійно закріплюються. На період проведення ремонтних робіт замість знятих поручнів слід установлювати тимчасові справні огороження.

Ширина проходів до робочих місць і на робочих місцях встановлюється не менша 0,6 м, а висота проходів - не менша 1,8 м [33].

Перед початком роботи на висоті необхідно переконатися в міцності опор, до яких буде закріплюватися стропом запобіжного пояса працівник (працівники), та елементів верхолазного спорядження. Вони повинні надійно витримувати зусилля, яке може виникнути при падінні людей [33].

Після закінчення роботи, а також перед зберіганням засоби захисту необхідно очистити від бруду, просушити, протерти металеві деталі, а деталі зі шкіри - змастити жиром, розташувати їх в місцях збереження [33].

3.3 Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу

Евакуація – це організований вивід (вивіз) населення (у тому числі і персоналу суб'єктів господарської діяльності) із осередків ураження внаслідок аварій, катастроф і стихійного лиха та зон радіаційного забруднення місцевості і хімічного зараження та катастрофічного затоплення.

Згідно з [34] при загрозі хімічного ураження оповіщаються всі працівники та студенти, які знаходяться на території підприємства. Вентиляційні установки та кондиціонери терміново виключаються, закриваються вікна, двері, кватирки, приміщення герметизуються. Вихід із будівлі й вхід до неї припиняється до особливого розпорядження адміністрації. Працівникам та студентам видаються засоби індивідуального захисту, одночасно вживаються заходи із забезпечення відвідувачів ватно-марлевими пов'язками. Відповідальні за забезпечення герметизації приміщень (посада, прізвище), за забезпечення працівників та студентів засобами індивідуального захисту (посада, прізвище) [34].

При виявленні у приміщенні, де укриваються працівники та студенти, хімічно небезпечної речовини працівники та студенти повинні вийти (вказати куди) або з дозволу адміністрації залишити зону забруднення. Виходити із зони необхідно тільки у засобах індивідуального захисту та рухатися в напрямку, перпендикулярному напрямку вітру [34].

При виникненні пожежі на підприємстві всі працівники та студенти зобов'язані суворо виконувати вимоги Інструкції з пожежної безпеки, евакуацію проводити згідно з Планом евакуації. Відповідальність за дотримання заходів пожежної безпеки та організацію дій учасників навчально-виховного процесу при загрозі або виникненні пожежі покладається на (посада, прізвище) [34].

При радіоактивному забрудненні території навчального закладу або при загрозі забруднення всі працівники та студенти повинні уважно слідкувати за мовним повідомленням управління з питань надзвичайних ситуацій, яке передається по радіо та телебаченню після попереджувального сигналу «Увага всім», за інформацією інших засобів масової інформації про обстановку в місті та суворо виконувати рекомендації із захисту від радіоактивного зараження.

Скорочується до мінімуму вхід у будівлю та вихід з неї. Контроль за дотриманням режиму поведження й роботи працівників та студентів, який дозволяє максимально понизити наслідки радіоактивного опромінення, покладається на (посада, прізвище) [34].

При загрозі або виникненні катастрофічних стихійних лих працівники та студенти по розпорядженню адміністрації повинен зупинити навчання, виконати необхідні протипожежні заходи, відключити від електромережі електрообладнання, підготуватися до евакуації або вивезення до безпечного місця найбільш цінних матеріальних засобів. Контроль за обстановкою на території навчального закладу при стихійних лихах і за вжитими заходами захисту персоналу покладається на (посада, прізвище). Якщо з'явилися постраждалі, їм надається перша медична допомога із залученням санітарних дружин або постів ВКІ, вживаються заходи з госпіталізації постраждалих до медичних закладів [36]. Працівник (посада, прізвище) постійно слідкує за інформацією, яку надає управління з питань надзвичайних ситуацій, про обстановку в місті та доводить її до адміністрації й персоналу навчального закладу.

При надходженні анонімної інформації про загрозу на території підприємства або поблизу нього терористичного акту працівник, який прийняв її, повинен терміново доповісти керівнику підприємства та до правоохоронних органів і діяти згідно з розпорядженнями та рекомендаціями [34].

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.

В ході виконання магістерської роботи було виконано:

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

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

3) розрахунок теплових втрат та теплових надходжень в будівлі. В результаті розрахунків було знайдено значення теплової потужності будівлі, яка склала $\Delta Q = 172369,6 \text{ Вт}$.

4) розраховані наступні заходи з модернізації енергетичних систем:

- утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стіни) (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 384424 грн; економія в грошовому еквіваленті – 40215,2грн; термін окупності заходу – 9,5 років);

- встановлення індивідуального теплового пункту (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 150000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 16958,2 грн; термін окупності заходу – 8,8 років);

- заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 3000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 1051грн; термін окупності заходу – 2,8 року);

- встановлення насадки-аератора на крани холодної води (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1980 грн; економія в грошовому еквіваленті – 6232,5 грн; термін окупності заходу – 0,3 року);

- встановлення рекуператора теплоти (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 114000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 44599,59 грн; термін окупності заходу – 2,6 року).

5) визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами;

6) розраховано чистий дисконтований дохід та дисконтований термін окупності енергозберігаючих заходів.

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

У розділі з охорони праці та безпеки в надзвичайних розглянуто три питання:

1. аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті;

2. правила виконання робіт на висоті;

3. порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Підвищення енергоефективності в будівлях навчальних закладів [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.mvk.if.ua/kperozv/32062>
2. Приступа М., Булгакова М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація. – Рівне: 2011. 48-с.
3. Гаврилюк В.Р., студент (магістр) Боярчук Б.А., к.т.н., доцент, (Луцький НТУ, м. Луцьк). "Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві", випуск 7, 2017.
4. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <http://isker.com.ua/ru/category/pollutherm-slovakia-prais>
5. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://galychenergo.prom.ua/p350406523-lichilnik-elektroenergiyi-odnofaznij.html>
6. 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>
7. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
8. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
9. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal.sumy.ua>
10. Енергозбереження [електронний ресурс] Режим посилання: http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/16696/2/Conf_2015_Bondziuk_h_N_B-Praktychnyi_dosvid_enerhozberezhennia_19-28.pdf
11. Енергозбереження [електронний ресурс] Режим посилання: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/19096/1/84-105-106.pdf>
12. Енергозбереження [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5916>

13. Брігілевич В. Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти: Практичний посібник / В. Брігілевич, К. Гьоллер, Л. Шреккенбах, Т. Яницький, О. Щодра, В. Бернацький, С. Свистюк, А. Максимов. – Львів, ФОП П’ятаков Ю.О., 2012. – 262 с.

14. 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

15. Microsoft_Excel [електронний ресурс] Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel

16. Теплоізоляційні матеріали [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bm.kiev.ua/utepliteli/minvata/izover-kt-40-50mm-details.html>

17. . 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.

18. Магазин Рона [електронний ресурс] Режим посилання: <https://rona.ua/shop/>

19. Індивідуальний тепловий пункт [електронний ресурс] Режим посилання: <https://europrylad.com/ua/poslugy/635-vygotovlennja-itp>

20. Насадки-аератори [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bt.rozetka.com.ua>

21. Світлодіодні лампи [електронний ресурс] Режим посилання: <https://epicentrk.ua/shop/sumy/svetodiodnye-lampy-led//>

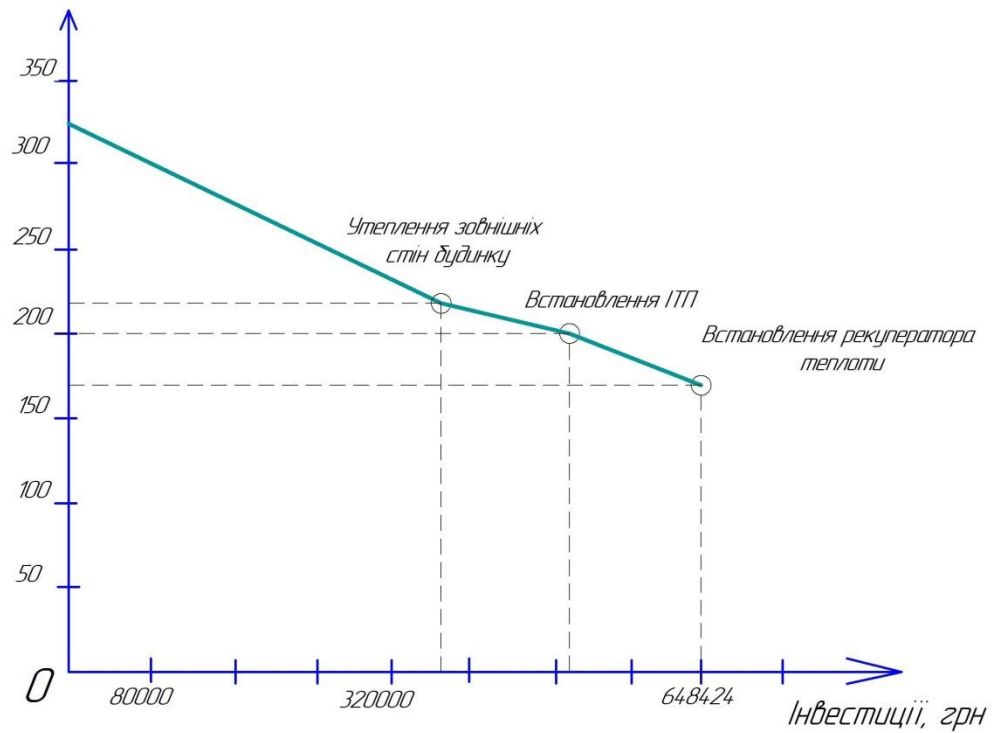
22. Рекуператор теплоти [електронний ресурс] Режим посилання: <https://prana.org.ua>

23. Рекуператор теплоти [електронний ресурс] Режим посилання: https://prana.com.ua/katalog/rekuperator-prana-200-c?gclid=Cj0KCQjwufn8BRCwARIsAKzP696AEVQ8nIkUuUEEKerYv9BdQNjyZMoOunbmFidE4-vSrhGtH275h6MaAm_GEALw_wcB

24. Рекуператор теплоти [електронний ресурс] Режим посилання: <https://prana.com.ua/katalog/rekuperator-prana-200->
25. Визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами: [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.visnuk.com.ua/ua/news/id/3138>
26. Економіка та організація виробництва: Підручник / За ред. В.Г. Герасимчука, А.Е. Розенплентера. - К.: Знання, 2007. - 678 с.
27. Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів [електронний ресурс] Режим доступу: <http://ua-referat.com/>
28. « Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості України - – Київ, 2017 р. – 600 с.
29. ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 27.03.2007 №62 – 15 с.
30. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2019 – 180 с.
31. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», Київ, 1999 р. – 34с.
32. Виконання робіт на висоті: правила та нормативне регулювання [електронний ресурс] Режим посилання: <https://smr.gov.ua/uk/2016-03-14-08-10-17/informatsijni-materiali/informatsijni-materiali-z-pitan-sotszakhistu/15501-viknannya-robit-na-visoti-pravila-ta-normativne-regulyuvannya.html>
33. НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті (1582). Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 27.03.2007 №62 – 15 с.
34. ІНСТРУКЦІЯ щодо дій при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій учасників навчально-виховного процесу [електронний ресурс] Режим посилання: http://vki.vin.ua/download/CuvilZahust/instrukcia_ns.pdf

ДОДАТОК А

Теплова потужність будівлі
Гкал



8.іРисунок А1 – Зменшення теплової потужності будівлі в залежності від впровадження енергозберігаючих заходів