

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: « Підвищення рівня енергоефективності ЗЗСО “Андріївська
гімназія” з комплексом термосанації будівлі »

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Волобуєв О.М
(прізвище і ініціали)

(підпис студента)

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

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

Керівник роботи

(підпис)

Хованський С.О.
(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ
(наукова ступінь, звання або посада)

“ _____ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії _____
(підпис)

Суми 2021

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
прикладної гідроаеромеханіки

_____ Ковальов І.О.
“__” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра

Волобуєв Олександр Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи Підвищення рівня енергоефективності ЗЗСО “Андріївська гімназія” з комплексом термосанації будівлі
2. Термін здачі студентом закінченої роботи до “08” червня 2021 р.

затверджена наказом по університету №0169 від “09” квітня 2021 р.
- 3 Вихідні дані до роботи: Будівельні креслення об'єкту енергетичного обстеження; нормативна документація з енергоспоживання, що діє на території України
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити) Вступ (загальна характеристика проблем з енергозбереження).
 1. **Характеристика об'єкту енергетичного обстеження** (опис дійсного стану об'єкта; аналіз обсягів енергоспоживання за видами систем енергопостачання на об'єкті; опис приладів обліку енергоносіїв на об'єкті).
 2. **Комплексний аналіз рівня енергоефективності об'єкта енергетичного обстеження** (аналіз обсягів енергоспоживання за видами систем енергопостачання на об'єкті; порівняльний аналіз дійсних показників енергоспоживання з нормативними; висновки).
 3. **Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання** (основні положення методики розрахунку; представлення результатів розрахунку).
 4. **Розробка можливих енергозберігаючих заходів** (основні положення методики розрахунку; представлення результатів розрахунку).
 5. **Висновок.**
 6. **Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.**
- 5 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень або плакатів)
 1. Енерготехнологічна схема об'єкта (ситуаційний план об'єкта)
 2. Результати енергетичного обстеження.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№п/п	Назва етапів роботи (за змістом розрахунково-пояснювальної записки)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування вихідних даних	05.04-11.04.21	
2	Характеристика об'єкту енергетичного обстеження	12.04-18.04.21	
3	Комплексний аналіз обстежуваної системи енергопостачання	19.04-16.05.21	
4	Розробка можливих енергозберігаючих заходів	17.05-30.05.21	
5	Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.	31.05-03.06.21	
6	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічних матеріалів	04.06-07.06.21	
7	Здача роботи на перевірку	08.06.21	
8	Доопрацювання зауважень	до 13.06.21	
9	Захист роботи	14.06-19.06.21	

Дата видачі завдання “ 05 “ квітня 2021 р

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

(Прізвище та ініціали)

(Прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 80 с., 14 таблиці, 9 рисунків, 2 додатки, 31 літературних джерел.

Графічні матеріали: енерготехнологічна схема будівлі, що обстежується та плакат з результатами фінансового аналізу енергозберігаючих заходів – усього два аркуша формату А3.

Мета роботи: підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів Андріївського ліцею, що розташований за адресою: с. Андріївка, вул.Першотавнева, 30 шляхом комплексної термомодернізації на основі розроблення енергетичного сертифікату будівлі.

Відповідно до мети були поставлені та вирішені наступні завдання:

- визначення базового рівня енергоспоживання;
- розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів;
- створення енергетичного сертифікату будівлі.

Об'єктом досліджень є будівля Андріївський ліцей.

Предметом дослідження є системи енергоспоживання будівлі закладу.

Вихідні дані для проведення розрахункових робіт:

- проектна будівельна документація об'єкту обстеження;
- величини обсягів енергоспоживання об'єкту, що обстежується;
- нормовані показники з експлуатації систем енергопостачання, що є чинними на території України.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЗАХІД, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.

Тема роботи – «Підвищення рівня енергоефективності ЗЗСО “Андріївська гімназія” з комплексом термосанації будівлі»

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	8
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	8
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	9
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта	10
1.3.1 Система опалення	10
1.3.2 Система електропостачання.....	11
1.3.3 Система водопостачання.....	12
1.3.4 Система вентиляції.....	13
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв	13
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	13
1.4 Висновок за розділом	14
2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	15
2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та	15
2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	15
2.1.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	18
2.2 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	20
2.2.1 Техніко-економічний аналіз споживання газу	20
2.2.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії	21
2.3 Висновки за розділом.....	23
3. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ	24
3.1 Методика проведення розрахунку	24
3.2 Проведення розрахунку	28
3.2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій	28
3.2.2 Розрахунок тепловтрат	31
3.2.3 Розрахунок тепло надходжень.....	33
3.2.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	37
3.3 Висновки за розділом.....	38
4. РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОД	39
4.1 Методика проведення розрахунку	39
4.2 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі.....	41
4.3 Заміна вікон.	45
4.4 Заміна дверей.	47

					6.144.03 ВР 00 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Тема бакалаврської роботи					
Розробив	Волобуєв.							Лит.	Лист	Листів
Перевірив	Хованський								4	
Н. Контр.	Хованський							СумДУ ЕМ-71		

4.5 Модернізації вентиляції.....	49
4.6 Утеплення даху.....	54
4.7 Висновок за озділом.....	56
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТОК А – Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	63
ДОДАТОК Б.....	75

						Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

На розвиток освітніх закладів в нашій країні істотний негативний вплив робить недоцільна витрата енергетичних носіїв. Одним з визначальних умов зниження витрат в цілому є раціональне використання енергетичних ресурсів. Разом з тим, енергозберігаючий шлях розвитку вітчизняної економіки можливий лише при формуванні і подальшій реалізації програм енергозбереження на окремих підприємствах, для чого необхідне створення відповідної методологічної та методичної бази. Крім цього, подальше зростання витрат у супроводжується зростаючим дефіцитом фінансових ресурсів, що зумовлює подальше збиткове фінансування навчального закладу, в наш час це зумовлює зачинення таких закладів.

Для запобігання фінансових втрат при формуванні сукупності енергозберігаючих заходів потрібна розробка і вдосконалення методів оцінки ефективності програм енергозбереження, які враховують багатоваріантність використання джерел інвестицій, призначених для їх реалізації. Зменшення енергетичної складової у витратах роботи закладу дозволить отримати додаткові кошти.

Енергообстеження відіграє ключову роль в ефективному використанні енергії в промисловості, в побуті, а також у сфері послуг. Він є інструментом для повної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, створення управлінських впливів, а також і для оцінки того, на скільки ці впливи є ефективними. Таким чином, енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – постійно діючий механізм безупинного спостереження за станом об'єкта, який експлуатується, перевірка, ревізія, удосконалення до якогось даного еталона.

Предметом енергетичного обстеження система обстеження споживання палива й енергії, аналіз і надання рекомендацій з ефективного споживання енергоресурсів [1].

Мета роботи: підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів Андріївського ліцею, що розташований за адресою:

						Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

с. Андріївка, вул.Першотавнева, 30 шляхом комплексної термомодернізації на основі розроблення енергетичного сертифікату будівлі.

Відповідно до мети були поставлені та вирішені наступні завдання:

- визначення базового рівня енергоспоживання;
- розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів;
- створення енергетичного сертифікату будівлі.

Об'єктом досліджень є будівля Андріївський ліцей.

Предметом дослідження є системи енергоспоживання будівлі закладу.

Вихідні дані для проведення розрахункових робіт:

- проектна будівельна документація об'єкту обстеження;
- величини обсягів енергоспоживання об'єкту, що обстежується;
- нормовані показники з експлуатації систем енергопостачання, що є чинними на території України.

						Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом дослідження є Андріївський ліцей с.Андріївка, Роменського району, Сумської області.

Андріївський ліцей підпорядковується Управлінню освіти і науки Роменської районної ради та повністю утримується за рахунок коштів місцевого Андріяшівської громади. Будівля розташована за адресою: вул. Першотавнева, 30, с. Андріївка, Роменський район, Сумська область, 42078 (рис. 1.1)



Рисунок 1.1 –Андріївський ліцей

Технічну експлуатацію інженерних комунікацій будівлі здійснює персонал школи.

Технічні характеристики будівлі такі:

Рік побудови	1993р.;
Кількість поверхів	2 пов.;
Опалювальна площа	4094,96 м ² ;
Площа забудови	1170 м ² ;

						Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Забезпечення будинку тепловою енергією здійснює власна котельня.

Джерелом постачання електроенергії Адріївської Гімназії є трансформаторна підстанція, яка знаходиться на балансі ТОВ «Енера Суми».

Подача холодної води до школи здійснюється від місцевої свердловини.

Гаряче водопостачання від магістралі в Гімназії не передбачене. У приміщенні школи встановлено теплообмінний апарат (бойлер), де в результаті теплообміну між електронагрівачем (ТЕН) та холодною водою отримують гарячу воду.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Заклад розміщений у двоповерховому приміщенні. Зовнішні стіни закладу цегляні, матеріал селікатна цегла на цементно-піщаному розчині. На внутрішню сторону стіни нанесена штукатурка. Теплова ізоляція відсутня. Зовнішні дефекти стіни – не виявлено. Підвал викладено з битонних блоків, перекриття- плити залізобетон. Дах шатрового типу, покриття – шифер. Коефіцієнт теплопровідності основного конструктивного матеріалу стіни – 0,87 Вт/м-град[2]

Будівля має вікна загальною площею 246 м². Старі дерев'яні вікна (106 м², замінені на пластикові (140 м²) з двокамерним склопакетом.

Переважає більшість світлопрозорих прорізів знаходиться в задовільному стані. Старі дерев'яні вікна мають нещільності (до 3мм) в місцях примикання скла до рами.

Коефіцієнти термічного опору для кожного типу світлопрозорих огорожувальних конструкцій наведено в табл. 1.1.

Підлога будівлі представляє собою залізобетонну плиту вкриту дерев'яними дошками або леноліум, в залежності від призначення приміщення.

						Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Параметри зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma np}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Цегла силікатна	0,50	0,87	0,78
		Штукатурка	0,03	0,93	
2	Суміщене покриття	Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,65
		Руберойд	0,025	0,07	
3	Вікна	Пластикові	–	–	0,51
		Дерев'яні	–	–	0,40
4	Підлога (перший поверх)	Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,3
		Розчин цементно-піщаний	0,05	0,76	
		Дерев'яні дошки	0,05	0,41	
5	Вхідні двері	Дерев'яні	0,05	0,41	0,24

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

В Додатку А рисунок А.1 наведена схема енергозабезпечення Андріївської гімназії

1.3.1 Система опалення

Теплопостачання Андріївській гімназії здійснюється шкільною котельнею, від оператора ГРМ ПАТ «Сумигаз». Ввід теплової мережі передбачений до теплового пункту до школи. Трубопроводи тепломережі і деталі вузла обліку теплової енергії сталеві, проходять під землею.

Система опалення школи двотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів вертикальна, з штучною циркуляцією теплоносія. Магістральні трубопроводи до будівлі, прокладені під землею та під'єднуються в тепловому пункті до головних подавальних трубопроводів.

Система опалення регульована, жорсткого контролю за споживанням теплової енергії немає, автоматика є. У якості опалювальних приладів використовуються два модулі Chaffoteaux & Maury MH100, чавунні радіатори типу MC90 АО. Опалювальні прилади розташовані під вікнами у кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів необмежений.

Відпуск теплоти до будівлі здійснюється за температурним графіком 95/70 °С. Розрахунковий перепад температур у системі опалення будівлі 95/70 °С. Температура на подавальному трубопроводі – (70 °С), температура у зворотному трубопроводі – (40 °С).

1.3.2 Система електропостачання

До основних технічних енергоспоживаючих систем закладу належать:

- Столова
- Комп'ютерний клас
- Електроосвітлення
- Майстерня

Основне енергозатратне устаткування представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1- Основне енергозатратне устаткування.

Устаткування	Встановлена потужність, кВт	Кількість в будівлі, шт.	Коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт використання	Час роботи, год/рік
Токарний станок по дереву СТД120М	0,4	2	0,5	0,4	334
Свердлильний 2М112	0,55	1	0,5	0,3	334
Плита кухонна ПЭ-4ШЧ	15,44	2	0,6	0,5	668

Продовження таблиці 3.1

Комп'ютер	0,6	12	0,2	0,7	1002
Чайник	1,5	2	0,7	0,3	334
Холодильник	2	2	0,6	0,6	4008
Кухонна вентиляція	1,5	2	0,4	0,4	400
Бойлер	3	1	0,5	0,5	668
Мясорубка	3	1	0,7	0,4	200
Освітлення:				0,3	
Лампа розжарення	0,1	30	0,7	0,3	180
Люмінесцентні лампи	0,036	100	0,6		180

Режим роботи закладу з 9.00-16, п'ятиденний робочий тиждень.

Підраховуємо річну витрату електроенергії, та порівнюємо з даними на лічильнику за 2020 рік.

$$T_{\text{вик}} = (0,4 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot 334) + (0,55 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 334) + (15,44 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 668) + (0,6 \cdot 12 \cdot 0,2 \cdot 0,7 \cdot 1002) + (1,5 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 334) + (2 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 4008) + (1,5 \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 400) + (3 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 668) + (3 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,4 \cdot 200) + (0,036 \cdot 100 \cdot 0,6 \cdot 0,3 \cdot 180) + (0,1 \cdot 30 \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 180) = 14352,4$$

Розбіжність з показами лічильника 4,4% - що є допустимим значенням.

1.3.3 Система водопостачання

Постачання води до закладу здійснюється від місцевої свердловини.

Облік холодної води не ведеться.

Водопровідна мережа запроектована з чавунних водопровідних труб

$d = 100$ мм. Глибина залягання водопровідної мережі 1,8 м.

						Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Каналізація: підключення будівлі школи відбувається до існуючої дворової мережі

Гаряче водопостачання від магістралі у Гімназії не передбачене. У кухні встановлено теплообмінний апарат (бойлер). Облік гарячої води не ведеться.

1.3.4 Система вентиляції

Вентиляція у будівлі влаштована природним чином, за рахунок вентиляційних каналів у стінах. На кухні вентиляція штучна, час роботи 1,5 год. на добу. Стан вентиляції задовільний

1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв

Облік спожитого газу здійснюється лічильником газового мембранного типу, ОКТАВА-А1 в кількості двох одиниць, встановленого в котелні. Повірка відбувається кожен рік. Об'єм споживаної холодної води не вимірюється. Облік спожитої електроенергії здійснюється лічильником ЦЕ6804U та НІК2301АЛ1. Періодичність повірки один раз на 8 років. Джерелом постачання електроенергії є трансформаторна підстанція, яка знаходиться на балансі ТОВ «Енера - Суми». Знаття показань з лічильників виконується щомісячно, оскільки у закладі не має систему моніторингу даних щодо обсягів споживання енергоресурсів

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Електрична енергія: 1,68 грн/кВт·год[4]

Природний газ: 8,82 грн. за 1 м³[5]

						Аркуш
						13
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1.4 Висновок за розділом

Отже за даними які були зібрані під час обстеження закладу, ми можемо здійснювати подальші розрахунки для складання теплового балансу та впровадження заходів з енергозбереження.

						Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2. КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води

2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Помісячні витрати газу за місяцями 2018-20рр. наведено у таблиці .2.1

Таблиця .2.1 – Кількість газу спожитого будівлею за 2018 – 2020 роки

Місяць	Рік		
	2018	2019	2020
	м ³	м ³	м ³
Січень	5340	5523	4463
Лютий	4825	4045	4964
Березень	2800	2945	1099
Квітень	1200	1100	-
Травень	-	-	-
Червень	-	-	-
Липень	-	-	-
Серпень	-	-	-
Вересень	-	-	-
Жовтень	652	720	505
Листопад	3357	2807	2683
Грудень	4674	4504	4861
Всього	22848	21644	10129

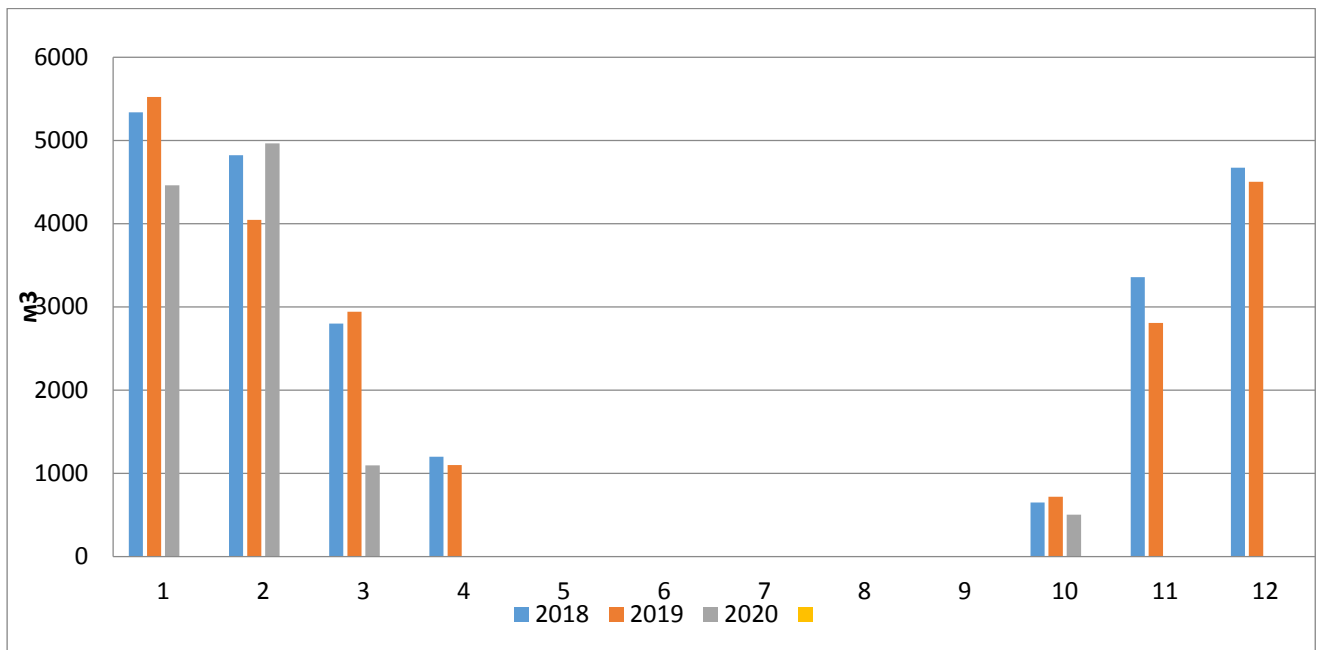


Рисунок 2.1 - Графіки спожитого газу на потреби опалення 2018-20р.

На рис. 2.2 показано графіки витрат газу на потреби опалення за місяцями року. Графіки побудовано за результатами аналізу орієнтовних витрат газу на потреби опалення та помісячної витрат які були визначені за лічильникам. Кількість градусо-діб визначалась як добуток кількості діб за кожний місяць опалювального періоду на перепад температур внутрішнього повітря та середньомісячної дійсної зовнішнього повітря:

$$ГД = Д (t_{в} - t_{сеп}),$$

де $Д$ - кількість діб у місяці; $t_{в}$ - дійсна середньомісячна температура внутрішнього повітря у будівлі, °С; $t_{сеп}$ - дійсна середньомісячна температура зовнішнього повітря, °С, визначається за даними метеостанцій для місця розташування будівлі[3].

Результати розрахунку градусо-діб приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 –Кількість градусо-діб за 2020 рік

Місяць	Кількість діб у місяці	Дійсна середньомісячна температура зовнішнього повітря	Кількість градусо-діб у місяці
Січень	31	2	558
Лютий	28	3	493
Березень	31	10	310
Квітень	15	12	120
Травень	31	16	-
Червень	30	19	-
Серпень	31	20	-
Вересень	30	14	-
Жовтень	16	7	208
Листопад	19	7,5	238
Грудень	31	3	527

Витрати теплоти на потреби опалення залежать від температури зовнішнього повітря і кількості градусо-діб. Збільшення кількості градусо-діб спричиняє відповідне зростання витрат теплової енергії на опалення.

Як свідчить аналіз рис. 2.2 , регулювання відпуску теплоти на потреби опалення не відповідає зміні градусо-діб, що свідчить наявність значного потенціалу енергозбереження за рахунок впровадження заходів з регулювання відпуску теплоти у тепловому пункті споживача

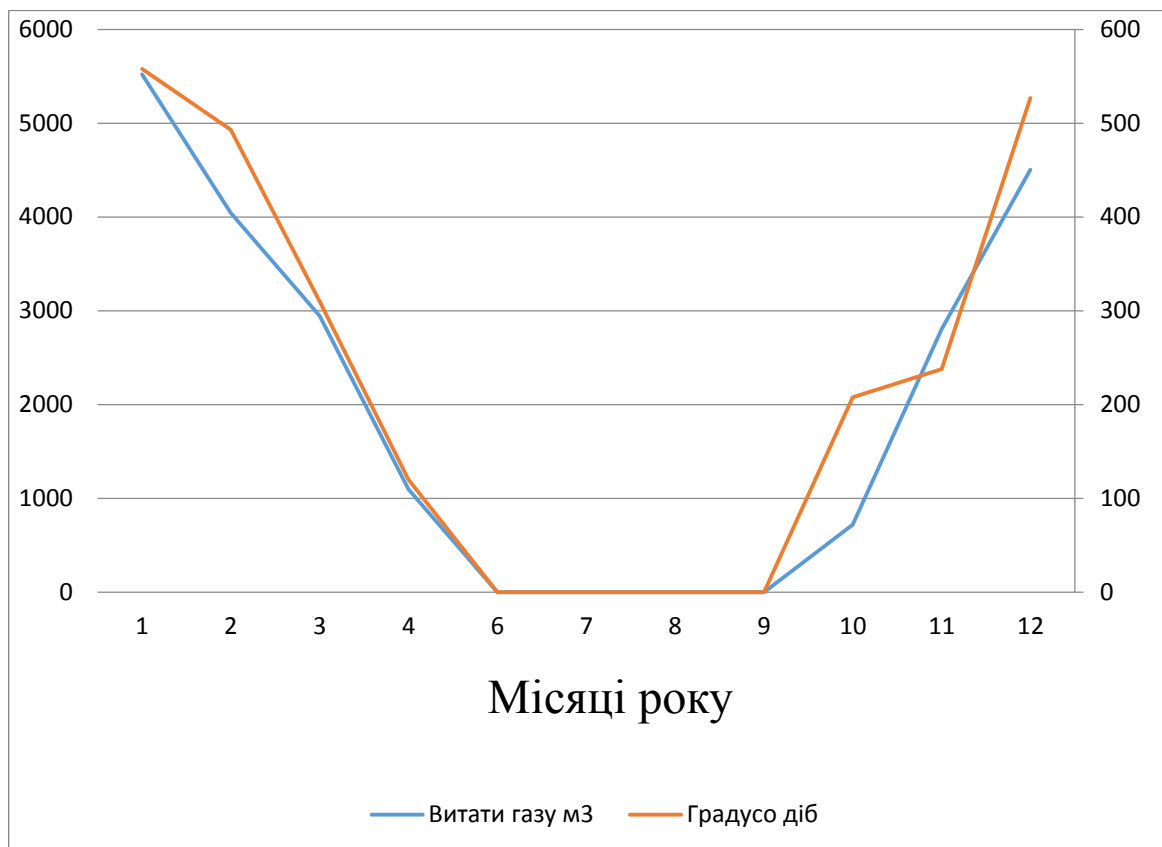


Рисунок 2.2 - Графіки витрат газу за 2020 на потреби опалення і градусо-діб за місяцями року

2.1.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Величина споживання електроенергії за 2018 – 2020 роки наведена у табл.2.3 та на рис. 2.3.

Таблиця 2.3 – Кількість електричної енергії, спожитої за 2018 – 2020 р

Місяць	Рік		
	2018	2019	2020
	кВт	кВт	кВт
Січень	1650	870	2120
Лютий	1960	1544	1887

Продовження таблиці 2.3

Березень	1874	1784	1173
Квітень	1520	1718	280
Травень	738	1430	155
Червень	840	1456	202
Липень	272	146	117
Серпень	43	117	81
Вересень	439	1112	613
Жовтень	1106	1593	917
Листопад	1408	2271	844
Грудень	1423	1394	1740
Всього	13273	15435	10129

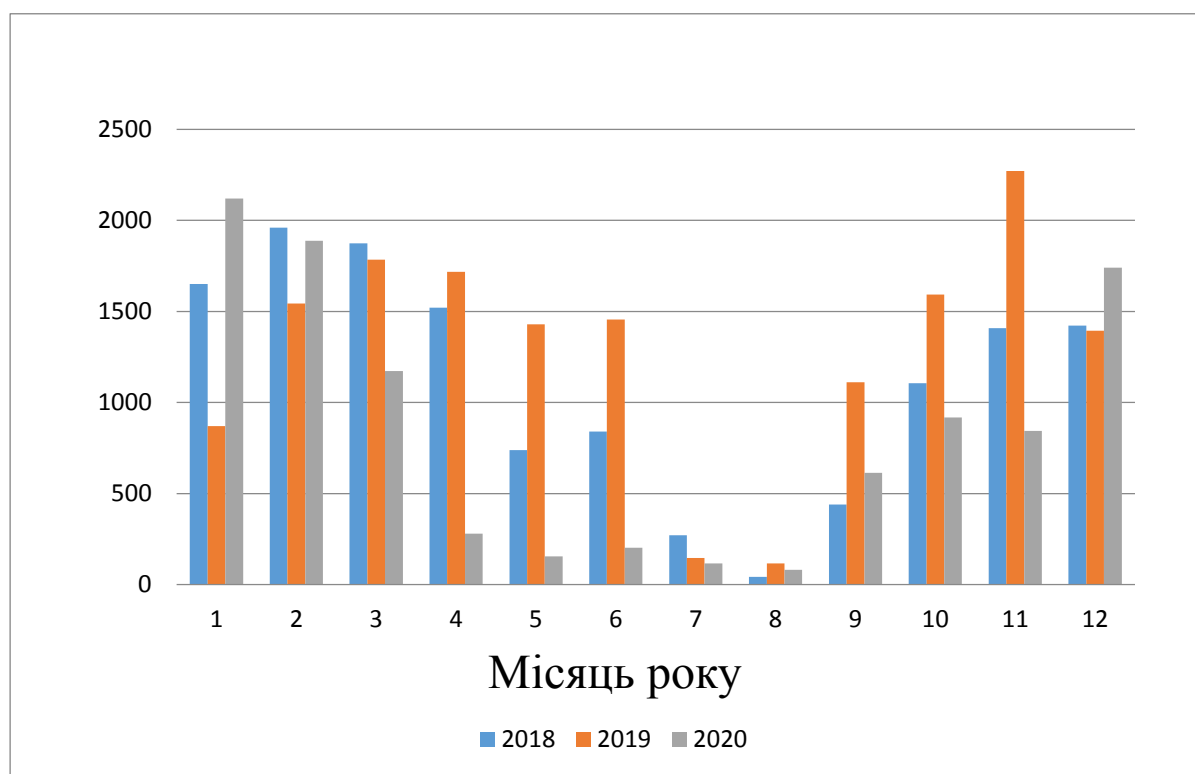


Рисунок 2.3 - Графік споживання електричної енергії за 2018-2020 рр. за місяцями року

2.2 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

2.2.1 Техніко-економічний аналіз споживання газу

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. Аналіз ефективності системи тепlopостачання закладу необхідно проводити за фактичними величинами попередніх опалювальних періодів, у яких середньомісячні температури розташовані у діапазоні нормованих показників [7].

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 [9]:

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

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 [9]:

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

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

EP_{\max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [5, п.5.3].

						Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

- опалювальний період 2018–2019 рік – $Q_{оп} = 211$ Гкал;
- опалювальний період 2019–2020 рік – $Q_{оп} = 200$ Гкал;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $Q_{оп} = 93$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- опалювальний період 2018–2019 рік – $EP = 0,052$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2019–2020 рік – $EP = 0,049$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $EP = 0,023$ Гкал/м³.

Нормативна максимально можлива величина тепловтрат закладу згідно з наказом і нормами $E_{max} = 0,044$ Гкал/м³ [8]. Порівняння нормованої величини тепловтрат і дійсних тепловтрат показує, що будівля не відповідає вимогам чинної нормативної документації ($q_{б\ddot{y}д} \leq E_{max}$, а в нашому випадку $q_{б\ddot{y}д} \geq E_{max}$), тепло використовується не доцільно за рахунок втрат. Це вимагає відповідний енергозберігаючих заходів

2.2.2 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 загальноосвітніх шкіл з електрифікованими харчоблоками на дитину за кількості 104 дітей складає для Сумської області 304 кВт·год. Для будівлі ЗОШ фактичне споживання електричної енергії на одну дитину складає:

						Аркуш
						21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- 2018 рік: $\frac{13273 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{104 \text{ дітей}} = 127,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/дитину};$
- 2019 рік: $\frac{15435 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{104 \text{ дітей}} = 148,4 \text{ кВт} \cdot \text{год/дитину};$
- 2020 рік: $\frac{10129 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{104 \text{ дітей}} = 97,4 \text{ кВт} \cdot \text{год/дитину}.$

Тобто фактичне значення не перевищує нормоване, що є добрим показником, але є потенціал до зменшення споживання електричної енергії шляхом використання більш енергоефективних електричних приладів та заміни ламп розжарювання на більш економічні.

Для видимості, надано діаграму вартості споживання електричної, теплової енергії 2019 рік. Дана діаграма представлена на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Вартість спожитих енергоресурсів за 2019 рік

Проаналізувавши діаграму ми бачимо, що найбільше коштів витрачається на теплову енергію.

2.3 Висновки за розділом

В цьому розділі ми проаналізували витрату та показали графічно витрату енергоресурсів. Згідно проілюстрованих графіків ми можемо зробити висновок, що найбільше коштів витрачається на опалення закладу, тому в першу чергу цьому потрібно приділити увагу.

						Аркуш
						23
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

3.1 Методика проведення розрахунку

Проведення розрахунку для будівлі, яка знаходиться у Роменському р-н. (І температурна зона), з нормальним вологісним режимом.

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma PP}$ м·К/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 і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3 °С та більше, обов'язковевиконання умови:

$$R_{\Sigma PP} \geq R_{q_{min}}, \quad (3.1)$$

де: $R_{\Sigma PP}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

$R_{q_{min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м²·К/Вт.

Мінімально допустиме значення, $R_{q_{min}}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт громадських будинків встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища [10].

						Аркуш
						24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Термічний опір і-го шару конструкції, що розраховується за формулою [10]:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (3.2)$$

де: δ_i – товщина і-го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К) [10].

$R_{\Sigma пр}$ огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (3.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} = \frac{1}{\alpha_з}, \quad (3.3)$$

де: $\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К) [10];

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К) [10];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір і-го шару конструкції, згідно формули (3.2), м·К/Вт.

Якщо $R_{\Sigma пр} < R_{q_{min}}$: – теплозахисні властивості зовнішніх огорожень незадовільні, що вимагає впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення їхнього опору теплопередачі.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі при їх дійсному стані:

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \text{ Вт}, \quad (3.4)$$

					Аркуш
					25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де: $F_{\text{огр}}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції.

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

$t_{\text{в}}, t_{\text{з}}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря [10].

Тепловтрати через огорожувальні конструкції при нормованих $R_{q_{\text{мін}}}$:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{огр}}}{R_{q_{\text{мін}}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{Вт}, \quad (3.5)$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинку:

$$Q_{\text{ор}}^{\Delta} = Q_{\text{ст}} \cdot \beta_{\text{ор}}, \text{Вт}, \quad (3.6)$$

де: $Q_{\text{ст}}$ – тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт ;

$\beta_{\text{ор}}$ – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу. Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації приймати $\beta_{\text{ор}}=0,13$ – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

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

$$Q_{\text{пдл}}^{\Delta} = 0,05 \cdot Q_{\text{пдл}}, \text{Вт}, \quad (3.7)$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлов прорізи:

						Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{ВКН}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н.ВКН}} \cdot F_{\text{ВКН}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \text{Вт}, \quad (3.8)$$

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

$t_{\text{в}}, t_{\text{з}}$ – відповідно температури усередині приміщення і

зовнішнього повітря, °C ;

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

$F_{\text{ВКН}}$ - площа віконних прорізів, м^2

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію:

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot V_{\text{п}} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n_{\text{к}} \cdot k_{\text{в}}, \text{Вт} \quad (3.9)$$

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

$t_{\text{в}}$ і $t_{\text{з}}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °C ;

$V_{\text{п}}$ – внутрішній об'єм приміщення, м^3 ;

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

$n_{\text{к}}$ – кратність повітрообміну приміщення, год^{-1} ;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання, приймаємо $k_{\text{в}}=0,85$.

Середня кратність повітрообміну громадського будинку, визначається за формулою:

$$n_{\text{к}} = \frac{\left[\left(\frac{L_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}}{24} \right) + \left(\frac{G_{\text{інф}} \cdot \eta \cdot n_{\text{інф}}}{24 \cdot \rho_{\text{с}}} \right) \right]}{v_{\text{в}} \cdot V_{\text{п}}}, \text{ГОД}^{-1}; \quad (3.10)$$

					Аркуш
					27
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де: L_v – кількість припливного повітря в будинок у разі припливної вентиляції або нормативне значення під час механічної вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$, дорівнює для дитячих дошкільних закладів $7 \times F_p$;

ν_v – коефіцієнт зниження об'єму повітря у приміщенні, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. Для розрахунків приймається $\nu_v = 0,85$;

F_p – розрахункова площа будівлі, м^2 ;

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

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

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

ξ – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається 0,8. [10]

3.2 Проведення розрахунку

3.2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

1. Стіни:

кладка з силікатної цегли на цементно-піщаному розчині з $\lambda_1=0,87$ $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ товщиною $\delta_i = 0,50$ м;

цементно-піщана штукатурка з $\lambda_1 = 0,93$ товщиною $\delta_i = 0,03$ м.

Термічний опір кожного шару стіни знаходимо за формулою(3.2):

$$R_1 = \frac{0,50}{0,87} = 0,575 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

$$R_2 = \frac{0,03}{0,93} = 0,032 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

					Аркуш
					28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Приведений опір теплопередачі для стін за формулою(3.3):

$$R_{\Sigma пр}^{ст} = \frac{1}{8,7} + 0,575 + 0,032 + \frac{1}{23} = 0,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Для I температурної зони мінімальне допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій громадських будівель дорівнює $R_{qmin}^{ст} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$ [9];

Отже, отримані результати стін не відповідають нормам, стіни потрібно утеплювати.

2. Вікна:

Металопластикові з однокамерним склопакетом $R_{вкн} = 0,45.$

Дерев`яні з подвійним склінням $R_{вкн} = 0,24$

Опір теплопередачі вікон є меншим за необхідний $R_{qmin}^{вкн} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$

Віка потрібно замінити.

3. Підлога:

залізобетонна плита з $\lambda_1 = 1,92$ товщиною $\delta_i = 0,22$ м;

розчин цементно-піщаний з $\lambda_1 = 0,81$ товщиною $\delta_i = 0,04$ м;

лінолеум полівінілхлоридний на тканевій основі $\lambda_1 = 0,35$ товщиною $\delta_i = 0,002$ м.

Знаходимо опір кожного шару стіни за формулою (3.2):

$$R_1 = \frac{0,22}{1,92} = 0,12 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

$$R_2 = \frac{0,04}{0,81} = 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

$$R_3 = \frac{0,002}{0,35} = 0,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Приведений опір теплопередачі підлоги за формулою (3.3):

						Аркуш
						29
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{пдл}} = \frac{1}{8,7} + 0,12 + 0,05 + 0,01 + \frac{1}{12} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Отже, опір теплопередачі підлоги є меншим за необхідний $R_{\text{qmin}}^{\text{пдл}} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

4. Двері:

Дерев'яні з $\lambda_1=6,9 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ товщиною $0,04 \text{ м}$

Металопластикові з $\lambda_2=0,43 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ товщиною $\delta_i = 0,04 \text{ м}$

Термічний опір дверей за формулою (3.2):

Металопластикові

$$R_1 = \frac{0,04}{0,43} = 0,093 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Дерев'яні

$$R_2 = \frac{0,04}{6,9} = 0,0058 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Наведений опір теплопередачі дверей за формулою (3.3) :

Металопластикові

$$R_{1 \Sigma \text{пр}}^{\text{дв}} = \frac{1}{8,7} + 0,093 + \frac{1}{23} = 0,251 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Дерев'яні

$$R_{2 \Sigma \text{пр}}^{\text{дв}} = \frac{1}{8,7} + 0,0058 + \frac{1}{23} = 0,164 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

						Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

5. Дах:

Цементно-піщаний розчин з $\lambda_1 = 0,02$ $\delta_i = 0,93$

Засипка шлаку з $\lambda_1 = 0,14$ $\delta_i = 0,19$

Круглопустотна з/б плита з $\lambda_1 = 0,22$ $\delta_i = 1,36$

рубероїд з $\lambda_1 = 0,27$ з товщиною $\delta_i = 0,01$ м.

Приведений опір теплопередачі шарів даху за формулою (3.2):

$$R_1 = \frac{0,02}{0,93} = 0,22 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

$$R_2 = \frac{0,14}{0,19} = 0,74 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

$$R_3 = \frac{0,01}{0,27} = 0,04 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Опір теплопередачі даху за формулою (3.3):

$$R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{дах}} = \frac{1}{8,7} + 0,22 + 0,74 + 0,04 + \frac{1}{23} = 1,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі даху громадських будинків для I зони дорівнює $R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{дах}} = 5,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$

Отже, опір теплопередачі даху є меншим за необхідний, потрібне додаткове утеплення

Для розрахунків візьмемо такі значення:

$t_{\text{в}} = 18^\circ\text{C}$ – температуру всередині будівлі згідно норм для шкіл;

$t_{\text{з}} = -25^\circ\text{C}$ – розрахункової температура зовнішнього повітря приймаємо тому, що дитячий садок побудований у Роменському р-н., який знаходиться у I температурній зоні. [11]

3.2.2 Розрахунок тепловтрат

					Аркуш
					31
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Тепловтрат при дійсному стані стін за формулою (3.4):

$$Q_{\text{ст}} = \frac{F_{\text{ст}}}{R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{ст}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n$$

$F_{\text{ст}} = 842 \text{ м}^2$, $R_{\text{ст}} = 0,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{С}$, $t_{\text{з}} = -25^\circ\text{С}$, $n=1$, тоді

$$Q_{\text{ст}} = \frac{842}{0,76} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 47639,47 \text{ Вт}$$

Тепловтрати при дійсному стані вікон за формулою (3.4):

$$Q_{\text{вкн}} = \frac{F_{\text{вкн}}}{R_{\text{вкн}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n$$

Металопластикові

$F_{\text{вкн 1}} = 140 \text{ м}^2$, $R_{\text{вкн}} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{С}$, $t_{\text{з}} = -25^\circ\text{С}$, $n=1$, тоді

$$Q_{\text{вкн}} = \frac{140}{0,45} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 13377,7 \text{ Вт}$$

Дерев'яні

$F_{\text{вкн 2}} = 106 \text{ м}^2$, $R_{\text{вкн}} = 0,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{С}$, $t_{\text{з}} = -25^\circ\text{С}$, $n=1$, тоді

$$Q_{\text{вкн}} = \frac{106}{0,24} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 18991,6 \text{ Вт}$$

Тепловтрати при дійсному стані підлоги за формулою (3.4), над неопалювальним підвалом:

						Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{пдл}} = \frac{F_{\text{пдл}}}{R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{пдл}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n$$

$F_{\text{пдл}} = 598 \text{ м}^2$, $R_{\text{пдл}} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{С}$, $t_{\text{з}} = 6^\circ\text{С}$, $n = 0,6$, тоді

$$Q_{\text{пдл}} = \frac{598}{0,38} \cdot (18 - 6) \cdot 0,6 = 11330,56 \text{ Вт}$$

Тепловтрати через дах за формулою (3.4):

$$Q_{\text{д}} = \frac{F_{\text{д}}}{R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{д}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n$$

$F_{\text{д}} = 893 \text{ м}^2$, $R_{\text{д}} = 1,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{С}$, $t_{\text{з}} = -25^\circ\text{С}$, $n = 1$, тоді

$$Q_{\text{д}} = \frac{893}{1,16} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 23862,07 \text{ Вт}$$

Тепловтрати через двері за формулою(3.4):

$$Q_{\text{дв}} = \frac{F_{\text{дв}}}{R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{дв}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n$$

Металопластикові

$F_{\text{дв}} = 3,6 \text{ м}^2$, $R_{\text{дв}} = 0,251 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{С}$, $t_{\text{з}} = -25^\circ\text{С}$, $n = 1$, тоді

$$Q_{\text{дв}} = \frac{3,6}{0,251} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 616,7 \text{ Вт}$$

Дерев'яні

$F_{\text{дв}} = 14,4 \text{ м}^2$, $R_{\text{дв}} = 0,158 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{С}$, $t_{\text{з}} = -25^\circ\text{С}$, $n = 1$, тоді

					Аркуш
					33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$Q_{\text{дв}} = \frac{14,4}{0,164} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 3512,2 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, що обумовлені орієнтацією будівлю за формулою (3.6):

$$Q_{\text{ст}}^{\text{д}} = 47639,47 \cdot 0,13 = 5761,05 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті чи над неопалюваними підвалами за формулою (3.7):

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 11330,56 \cdot 0,05 = 566,53 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи за формулою(3.8):

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 6 \cdot 246 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-25)) = 17859,9 \text{ Вт}$$

Для визначення додаткових тепловтрат через на витяжну природну вентиляцію, потрібно спочатку визначити середню кратність повітреобміну будинку за формулою(3.10):

$$n_k = \frac{\left[\left(\frac{7 \cdot 893 \cdot 24}{24} \right) + \left(\frac{0,5 \cdot 0,85 \cdot 4094,96 \cdot 0,8 \cdot 24}{24 \cdot 1,3 \cdot 1,005} \right) \right]}{0,85 \cdot 4094,96} = 2,1 \text{ год}^{-1};$$

Тоді додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію (3.9):

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot 4094,96 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (18 - (-25)) \cdot 2,1 \cdot 0,85 = 114980,4 \text{ Вт}$$

						Аркуш
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для аналізу розрахунків знайдемо сумарні тепловтрати через кожен вид огорожуючих конструкцій і наведемо в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Тепловтрати огорожувальних конструкцій будівлі

Вид огорожувальних конструкцій	Втрати теплоти, Вт	%
Стіни	53832,6	20
Вікна	32369,3	12
Підлога	11897,1	4
Дах	33102,6	12
Двері	4392,3	2
Інфільтрація	17859,9	7
Витяжна вентиляція	114980,4	43
Разом	268434,2	100

Представимо графічно тепловтрати рис 3.1



Рисунок 3.1-Розподіл тепловтрат

З даних розрахунків видно, що найбільші тепловтрати відбуваються через витяжну вентиляцію 43% та через стіни 20%. Також великі втрати тепла приходяться на вікна 12% та на дах 12%. Це означає, що потрібно приділити увагу та займатися відновленням та утепленням стін, віконних конструкцій та модернізацією системи вентиляції.

3.2.3 Розрахунок тепло надходжень

Теплонадходження від людей:

$$Q_{\text{л}} = 1 \cdot 1 \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{0,15}) \cdot (35 \cdot 18) \cdot 128 = 14120,4$$

Теплонадходження від джерел освітлення:

$$Q_{\text{осв}} = 75 \cdot 0,95 \cdot 70 \cdot 0,6 + 60 \cdot 0,95 \cdot 54 \cdot 0,6 = 4839,3$$

Теплонадходження від сонячної радіації:

$$Q_{\text{рад}} = 250 \cdot 152 \cdot 0,95 + 100 \cdot 94 \cdot 0,95 = 45030$$

Сумарне теплонадходження:

$$Q_{\text{тн}} = 4839,3 + 45030 + 14120,4 = 63989,7$$

Для аналізу розрахунків ми знайшли сумарне теплонадходження і привели в табл. 3.2

Також представил графічно теплонадходження рис. 3.2

					Аркуш
					36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Таблиця 3.2– Теплонадходження

Вид теплонадходження	Кількість, Вт	%
Людей	14120,4	22
Джерел освітлення	4839,3	7,6
Сонячної радіації	45030	70,4
Разом	63989,7	100



Рисунок 3.2- Розподіл теплонадходжень

З даних приведених в діаграмі видно, що найбільші теплонадходження йдуть від сонця 70% та людей 22%.

3.2.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі:

Результат розрахунку теплової потужності згідно даних з табл.3.1-3.2

$$\Delta Q = 268434,2 - 63989,7 = 204444,5 \text{ Вт.}$$

3.3 Висновки за розділом

За даними розрахунків ми побачили, що основні тепловтрати приходяться на вентиляцію, стіни та вікна. Згідно цих даних будемо впроваджувати заходи по енергозбереженню

						Аркуш
						38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

В даному розділі запропоновані та розраховані можливі енергозберігаючі заходи. Для розрахунку будемо використовувати дані за опалювальний період 2018-2021 р.р. (розділ 1).

4.1 Методика розрахунку енергозберігаючих заходів

Визначення необхідної товщини теплоізолювального шару:

$$\delta_{ym} = \left[R_{qmin} - \left(\frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right] \times \lambda_{ym}, \quad (4.1)$$

де λ_{ym} – теплопровідність теплоізолювального матеріалу, Вт/(м·К);

α_6 – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К);

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції Вт/(м²·К);

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

δ_i - товщина і-го шару огорожувальної конструкції, м;

n – кількість шарів у конструкції за напрямком теплового потоку;

R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції, м²·К/Вт.

Економія витрат теплоти після утеплення зовнішньої огорожувальної конструкції:

					Аркуш
					39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$\Delta Q = Q^1 - Q^2, \quad (4.2)$$

де Q^1 і Q^2 – тепловтрати крізь огорожувальну конструкцію, відповідно до її утеплення і після її утеплення, кВт.

$$Q^2 = \frac{F_{озр}}{R_0} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \quad (4.3)$$

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

R_0 – приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків і зіставлення $R_{\Sigma пр}$ та R_{qmin}), м²·С/Вт;

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

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря. [6].

Визначення річної економії теплової енергії після впровадження енергозберігаючого заходу:

$$Q^{Ек.рік} = \Delta Q \cdot \frac{(t_6 - t_{ср.он})}{(t_6 - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{оп} \quad (4.4)$$

Річна економія витрат на експлуатацію системи тепlopостачання після впровадження енергозберігаючого заходу:

$$\Delta E = \Delta Q^{Ек.рік} \cdot c_T, \quad (4.5)$$

де $c_T = 707,18 \text{ грн./Гкал}$ - вартість 1 Гкал.

Капітальні витрати на впровадження заходу, грн.:

						Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$K = K_{осн} + K_{суп}, \quad (4.6)$$

Де $K_{осн}$ – вартість придбання матеріалу, або обладнання, грн.;

$K_{суп}$ – вартість монтажних, електромонтажних та пусконаладжувальних робіт, грн.

Простий термін окупності енергозберігаючого заходу визначимо за формулою[6].:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} \quad (4.7)$$

4.2 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі

Аналіз графіку теплової енергії показує, що на стіни припадає 20% витрат тепла. Оскільки стіни становлять значну площу огорожувальних конструкцій, то через них проходить одна з найбільших частин теплових втрат. Тому додаткове утеплення стін значно скоротити втрати теплової енергії загалом по будівлі і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту енергію.

Для забезпечення нормованого значення теплопередачі $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ пропонується наведений нижче теплоізоляційний матеріал. [11].

Обраний теплоізолюючий матеріал базальтову мінеральну вату з щільністю $145 \text{ кг}/\text{м}^3$ та, $\lambda_{ум} = 0,04 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$.

Визначимо товщину шару теплоізоляції, необхідної для забезпечення опору $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ при $\lambda_{ум} = 0,04 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ за формулою (4.1):

$$\delta_{ум} = \left[3,3 - \left(\frac{1}{8,7} + 0,575 + 0,032 + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,04 = 0,1 \text{ м}$$

					Аркуш
					41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Дані для розрахунку економії:

середня температура оточуючого середовища під час опалювального періоду – (1,4°C);

тривалість опалювального періоду – 187 дні, розрахункова температура у приміщенні +18 °С. [11].

Розрахуємо опір теплопередачі огороджувальної конструкції після утеплення мінеральною ватою.

$$R_0 = \frac{0,1}{0,04} + 0,76 = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$$

Тоді:

$$Q_{\text{стн}}^2 = \frac{855}{3,3} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 11140,9 \text{ Вт}$$

$Q_{\text{стн}}^1 = 47639,47 \text{ Вт}$ - за результатами розрахунків розділу 3.

Знайдемо економію витрат теплоти після утеплення зовнішньої огороджувальної конструкції за формулою (4.2):

$$\Delta Q_{\text{стн}} = 47639,47 - 11140,9 = 36498,57 \text{ Вт}$$

Визначимо річну економію теплової енергії після впровадження заходу за формулою (4.4):

$$Q_{\text{стн}}^{\text{Ек.рік}} = 36498,57 \cdot \frac{(18 + 1,4)}{(18 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 / 10^3 = 73903 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 63,5 \text{ Гкал} / \text{рік}$$

Річну економію витрат на експлуатацію системи тепlopостачання після впровадження енергозберігаючого заходу визначимо за формулою (4.5):

					Аркуш
					42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$\Delta E = 63,5 \cdot 955,03 = 60638,7 \text{ грн. / рік}$$

Згідно інформації 1 м² базальтової мінеральної вати без вартості робіт складає 260 грн. [12].

Орієнтовна загальна сума капітальних витрат для впровадження пропонованого заходу наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Орієнтовна загальна сума капітальних витрат

Найменування	Од. вим.	Кількість на м ²	Ціна за м ²	Сума, грн.
Грунтовка Ceresit СТ-17 [13]	кг	0,2	5,25	80013,47
Базальтова мінеральна вата щільністю 145 кг/м ³	м ²	1	260	222 300
Дюбель для теплоізоляції з пластиковим цвяхом 10/160 мм, [14]	шт	8	13,6	11628
Штукатурна сітка Masternet 160 г/м, [15]	м ²	1,1	18,48	15800,4
Клей для арміровки Ceresit СТ-85, [16]	кг	4	39,52	33789,6
Грунтуюча фарба Ceresit СТ-16, [17]	кг	0,3	14,2	12141
Штукатурка фасадна Ceresit СТ-35, 2.5 мм, [19]	кг	3	49,8	42579
Фарба фасадна Ceresit СТ-42, [13]	кг	0,35	32,75	28001,3
Монтажні роботи	м ²		200	171000
Всього				617253

Тоді загальна сума капітальних витрат згідно табл. 4.5 складатиме:

$$K = 617253 \text{ грн.}$$

Термін окупності енергозберігаючого заходу визначимо за формулою (4.7):

$$T_{ок} = \frac{617253}{60638,7} = 10,2 \text{ роки}$$

Дисконтований термін окупності розраховуємо відповідно до додатку Б табл.Б1.

$$NPV = 835482 - 617253 = 218229$$

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). В абсолютних величинах проект окупається менше ніж за рік [31].

Розрахуємо індекс доходності PI :

$$PI = \frac{835482}{617253} = 1,35$$

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

						Аркуш
						44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Отже згідно розрахунків дисконтований термін окупності 23 роки.

4.3 Заміна вікон

Дерев'яні вікна закладу мають високий коефіцієнт теплопередачі. З метою економії теплової енергії, пропонується замінити старі дерев'яні вікна на сучасні металопластикові вікна з однокамерними склопакетами кількістю 22шт. (розміром 2000×2000 мм) та 3 шт. (розміром 2000×3000 мм). Опір теплопередачі однокамерних склопакетів 0,97 та 1,01 м² °C/Вт. [20]

Визначаємо тепловтрати через вікна після заміни на нові металопластикові за формулою (4.3):

$$Q_{вкн}^2 = \frac{88}{0,97} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 + \frac{18}{1,01} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 4667,4 \text{ Вт}$$

Економія витрат теплоти після заміни вікон знайдемо за формулою (4.2). Відомо за результатами розрахунків (розділ 3), що тепловтрати через вікна становлять:

$$Q_{вкн}^1 = 13377,7 + 18991,6 = 32369,3 \text{ Вт}$$

Тоді:

$$Q_{вкн}^1 = 13377,7 + 46674 = 18045,1 \text{ Вт}$$

$$\Delta Q_{вкн} = 32369,3 - 18045,1 = 14324,2 \text{ Вт}$$

Визначимо річну економію теплової енергії після впровадження заходу за формулою (4.4): [6]

						Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{Ек.рік}} = 14324,2 \cdot \frac{(18+1,4)}{(18-(-25))} \cdot 24 \cdot 187 / 10^3 = 29003,9 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} =$$

$$= 24,9 \text{ Гкал} / \text{рік}$$

Річну економію витрат на експлуатацію системи тепlopостачання після впровадження енергозберігаючого заходу знайдемо за формулою (4.5):

$$\Delta E = 24,9 \cdot 955,03 = 23780,3 \text{ грн.} / \text{рік}$$

Згідно інформації [20] одне вікно (розміром 2000×2000 мм) разом з монтажем та фурнітурою коштує 6500 грн., а вартість одного вікна (розміром 2000×3000 мм) становить 11900 грн. [21]

Орієнтовну загальну суму капітальних витрат для впровадження пропонованого заходу знайдемо за формулою (4.6):

$$K = 22 \cdot 6500 + 3 \cdot 11900 = 178700 \text{ грн.}$$

Термін окупності енергозберігаючого заходу визначаємо за формулою (4.7): [6].

$$T_{\text{ок}} = \frac{178700}{23780,3} = 7,5 \text{ роки}$$

Дисконтований термін окупності розраховуємо відповідно до додатку Б табл.Б2.

$$NPV = 321496 - 178700 = 142796$$

						Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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). В абсолютних величинах проект окупається менше ніж за рік [31].

Розрахуємо індекс доходності PI :

$$PI = \frac{321496}{178700} = 1,79$$

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

Отже згідно розрахунків дисконтований термін окупності 12 років.

4.4 Заміна дверей

Двері які встановлені в закладі мають високий коефіцієнт теплопередачі,. З метою економії теплової енергії, пропонується замінити старі двері на більш енергоефективні металопластикові з однокамерними склопакетами кількістю 8шт. (розміром 2040×900 мм) та 1 шт. (розміром 1800×2040 мм). Опір теплопередачі однокамерних склопакетів 0,93 та 0,87 м² °C/Вт. [22]

Визначаємо тепловтрати через вікна після заміни на нові металопластикові за формулою (4.3): [6]

$$Q_{\text{дв}}^2 = \frac{14,4}{0,93} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 + \frac{3,6}{0,87} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 843,7 \text{ Вт}$$

					Аркуш
					47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Економія витрат теплоти після заміни вікон знайдемо за формулою (4.2). Відомо за результатами розрахунків (розділ 3), що тепловтрати через вікна становлять:

$$Q_{ов}^1 = 4392,3 \text{Вт}$$

Тоді:

$$\Delta Q_{вкн} = 4392,3 - 843,7 = 3548,6 \text{Вт}$$

Визначимо річну економію теплової енергії після впровадження заходу за формулою (4.4):

$$Q_{вкн}^{Ек.рік} = 3548,6 \cdot \frac{(18+1,4)}{(18-(-25))} \cdot 24 \cdot 187 / 10^3 = 7185,3 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = \\ = 6,2 \text{Гкал} / \text{рік}$$

Річну економію витрат на експлуатацію системи тепlopостачання після впровадження енергозберігаючого заходу знайдемо за формулою (4.5):

$$\Delta E = 6,2 \cdot 955,03 = 5921,2 \text{грн.} / \text{рік}$$

Згідно інформації одні двері (розміром 2040×900 мм) разом з монтажем та фурнітурою коштує 7000 грн., та дверей (розміром 2040×1800 мм) становить 20700грн. [23].

Орієнтовну загальну суму капітальних витрат для впровадження пропонуваного заходу знайдемо за формулою (4.6):

						Аркуш
						48
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$K = 8 \cdot 7000 + 1 \cdot 22700 = 78700 \text{ грн.}$$

Термін окупності енергозберігаючого заходу визначаємо за формулою (4.7):

$$T_{ок} = \frac{78700}{5921,2} = 13,3 \text{ роки}$$

Дисконтований термін окупності розраховуємо відповідно до додатку Б табл.Б3.

$$NPV = 98078 - 78700 = 19378$$

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). В абсолютних величинах проект окупається менше ніж за рік [31].

Розрахуємо індекс доходності PI :

$$PI = \frac{98078}{78700} = 1,2$$

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

Отже згідно розрахунків дисконтований термін окупності більше 20 років.

4.5 Модернізації вентиляції

					Аркуш
					49
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Визначається масова витрата вентилязованого повітря, кг/с:

$$m_v = V_v \cdot \rho_{\text{п}},$$

де $\rho_{\text{п}}$ —густина повітря, що вентилюється за нормальних умов, кг/м³ (для розрахунків береться $\rho_{\text{п}}=1,3$ кг/м³);

V_v —об'ємна витрата повітря, що вентилюється, м³/с.

Тоді за формулою:

$$m_v = 1,45 \cdot 1,3 = 1,9 \text{ кг/с}$$

Визначається для природної вентиляції так:

$$V_v = 0,278 \cdot V_{\text{п}} \cdot k_v \cdot n_k \cdot 10^{-3}$$

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

k_v —коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення через розміщення у ньому різного обладнання (береться $k_v=0,85-1,0$);

n_k —кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹.

Тоді за формулою:

$$V_v = 0,278 \cdot 4094,96 \cdot 0,85 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 1,45 \text{ м}^3/\text{с}$$

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

$$\Delta Q_{\text{рт}} = m_v \cdot c_{\text{п}} \cdot (t_v - (t_{3,p} + \Delta t_p)),$$

					Аркуш
					50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де $t_{\text{в}}$ —температура витяжного повітря, °С, як правило, дорівнює температурі повітря всередині приміщення, щовентилується;

$t_{\text{з.п}}$ —розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

$\Delta t_{\text{р}}$ —величина зменшення температури витяжного повітря після рекуперації теплоти, °С. Для практичних розрахунків береться із діапазону $\Delta t_{\text{р}}=10\text{--}15^\circ\text{C}$;

$c_{\text{п}}$ —питома масова ізобарна теплоємність повітря, що дорівнює $1,005\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$. [6]

Тоді за формулою:

$$\Delta Q_{\text{рт}} = 1,9 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-25 + 14)) = 55,38 \text{ кВт}$$

Після запровадження технології рекуперації теплоти у систему вентиляції загальна теплова потужність для будівлі становитиме, кВт:

$$\Delta Q = \Delta Q_0 - \Delta Q_{\text{рт}},$$

де ΔQ_0 —теплова потужність будівлі до встановлення системи рекуперації, кВт.

Тоді за формулою:

$$\Delta Q = 114980,4 - 55380 = 59600,4 \text{ Вт}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації, кВт·год/рік:

$$Q_{\text{рт}}^{\text{ЕК.рік}} = \Delta Q_{\text{рт}} \cdot \frac{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{з.п}})} \cdot n_{\text{рр}} \cdot n_{\text{р.п}},$$

					Аркуш
					51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де $\Delta Q_{рт}$ —величина економії теплової енергії від рекуперації теплоти, кВт;
 $t_{срв}$ —внутрішня температура приміщення будівлі (осереднена за робочими зонами), °С;

$t_{ср.оп}$ —середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С;

$t_{з.р}$ —розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

$n_{р.р}$ —тривалість періоду роботи системи рекуперації теплоти за добу, годин;

$n_{р.п}$ —тривалість робочого періоду у приміщенні за опалювальний рік, діб.

Тоді за формулою:

$$Q_{рт}^{ЕК,рік} = 55,38 \cdot \frac{(18 - (-1,4))}{(18 - (-25))} \cdot 10 \cdot 187 = 56067,23 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 48,22 \text{ Гкал}$$

Економія у грошовому евіваленті складає:

$$48,22 \text{ Гкал} / \text{рік} \cdot 955,03 \text{ грн} / \text{Гкал} = 46051,55 \text{ грн}$$

Витрати:

Вартість придбання приточно-витяжної установки з рекуператором

Орієнтовна загальна сума витрат для впровадження пропонованого заходу наведена в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Орієнтовна загальна сума капітальних витрат [26].

Найменування	Кількість	Ціна	Сума, грн.
Gree FHBQ-D20-M. [25]	3	57271	171813
Труба оцинкованная	140	170	23800

Продовження табл. 4.2

Отвод 90° оцинкованный	24	170	4080
Тройник 90° оцинкованный	18	216	3888
Шумоглушитель круглый 0,5 мм	6	560	3360
Кріплення	100	25	2500
Монтажні роботи			50000
Всього			259441

Отже:

$$K = 259441,00 \text{ грн}$$

Простий термін окупності визначається як:

$$T_{\text{ок}} = \frac{259441}{46051,55} = 5,6 \text{ роки.}$$

Дисконтований термін окупності розраховуємо відповідно до додатку Б табл.Б4

$$NPV = 428567 - 259441 = 16912$$

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). В абсолютних величинах проект окупається менше ніж за рік [31].

					Аркуш
					53
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Розрахуємо індекс доходності PI:

$$PI = \frac{428567}{259441} = 1,65$$

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

Отже згідно розрахунків дисконтований термін окупності 8 років.

4,6 Утеплення даху

Обраний теплоізолюючий матеріал піноізол $\lambda_{ym} = 0,036 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$.

Визначимо товщину шару теплоізоляції, необхідної для забезпечення опору $4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ при $\lambda_{ym} = 0,036 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$ за формулою (4.1):

$$\delta_{ym} = \left[4,95 - \left(\frac{1}{8,7} + 0,22 + 0,74 + 0,04 + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,036 = 0,14 \text{ м}$$

Дані для розрахунку економії: середня температура оточуючого середовища під час опалювального періоду – $(1,4^\circ\text{C})$; тривалість опалювального періоду – 187 дні, розрахункова температура у приміщенні $+18^\circ\text{C}$. [11].

Розрахуємо опір теплопередачі даху після утеплення піноізолом.

$$R_0 = \frac{0,14}{0,036} + 1,16 = 5,1 \text{ м}^2 \cdot \text{C} / \text{Вт}$$

Тоді:

$$Q_{\text{дах}}^2 = \frac{893}{5,1} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 7529 \text{ Вт}$$

						Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$Q_{стн}^1 = 23862,07 \text{Вт}$ - за результатами розрахунків розділу (3).

Знайдемо економію витрат теплоти після утеплення даху за формулою (4.2):

$$\Delta Q_{дах} = 23862,07 - 7529,2 = 16332,87 \text{Вт}$$

Визначимо річну економію теплової енергії після впровадження заходу за формулою (4.4):

$$\begin{aligned} Q_{дах}^{Ек. рік} &= 16332,87 \cdot \frac{(18+1,4)}{(18-(-25))} \cdot 24 \cdot 187 / 10^3 = 33071,1 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = \\ &= 28,4 \text{Гкал} / \text{рік} \end{aligned}$$

Річну економію витрат на експлуатацію системи тепlopостачання після впровадження енергозберігаючого заходу визначимо за формулою (4.5): [10]

$$\Delta E = 28,4 \cdot 955,03 = 27122,9 \text{грн.} / \text{рік}$$

Згідно інформації 1 м^2 при товщині 140мм піноізолу з вартістю робіт складає 135 грн. [24].

Тоді загальна сума капітальних витрат складатиме:

$$K = 893 \cdot 135 = 120555 \text{грн.}$$

Термін окупності енергозберігаючого заходу визначимо за формулою (4.7):

						Аркуш
						55
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$T_{ок} = \frac{120555}{27122,9} = 4,5 \text{ роки}$$

Дисконтований термін окупності розраховуємо відповідно до додатку Б
табл.Б 5.

$$NPV = 252394 - 120555 = 131839$$

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). В абсолютних величинах проект окупається менше ніж за рік [31].

Розрахуємо індекс доходності PI :

$$PI = \frac{252,394}{120555} = 2,09$$

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

Отже згідно розрахунків дисконтований термін окупності 6 років.

4.7 Висновок за розділом

						Аркуш
						56
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

В даному пункті ми зробили розрахунок економічної та фізичної складової запропонованих заході, привели їх ціну та окупність простим і дисконтованим методами .

						Аркуш
						57
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Метою даної дипломної бакалаврської роботи було проведення енергетичного обстеження будівлі ЗЗСО “Андріївська гімназія.

Була зібрана інформація, про об’єкту дослідження: дані щодо конструкції будівлі, обсяги енергоспоживання, системама енергопостачання, графік роботи, кількість учнів та працюючих, згідно наданої документації. На основі цього ми здійснили подальші розрахунки для складання теплового балансу та впровадження заходів з енергозбереження.

Проаналізували витрату енергоресурсів та показали їх графічно. Згідно проілюстрованих графіків ми можемо зробити висновок, що найбільше коштів витрачається на опалення закладу, тому в першу чергу цьому потрібно приділити увагу. Основні тепловтрати приходяться на вентиляцію, стіни та вікна. Згідно цих даних ми запропонували п’ять заходів по енергозбереженню, які значно зменшать тепловтрати будівлі та витрати на її опалення.

Зробили розрахунок економічної та фізичної складової запропонованих заході, привели їх ціну та окупність простим і дисконтованим методами

						Аркуш
						58
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до курсової роботи з курсу «Енергетичний аудит» на тему «Енергетичне обстеження енергоспоживаючих систем та систем водопостачання будівлі»/ укладачі: С.В.Сапожников, С.С.Антоненко. – Суми: Сумський державний університет, 2011. –46с.
2. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. – Чинний від 08.07.16. – К: Державне підприємство «Укрархбудінформ». – 2016. –3°С.
3. ДСТУ 4065:2001. Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги. – Чинний від 2002.07.01. – К: Держстандарт України. – 2002. –39с.
4. Електроенерія. [Електронний ресурс].-Режим доступа https://sm.enera.ua/index.php/consumer_privat?TarifyYear=2&Tarifymonth=4
5. Газ тариф .[Електронний ресурс].-Режим доступа https://sm.enera.ua/tarif_robut_gaz?language=ru
6. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» 3711 / укладачі: С.С. Антоненко, Е.В. Колісніченко – Суми : Сумський державний університет; 2014 – 84 с.
7. ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" – К. Мінрегіонбуд України, 2006. –72 с.
8. Наказ про затвердження Міжгалузевих норм споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України [Електронний ресурс].-Режим доступа <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z-0175-00#Text>
9. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с
- 10.ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.– Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП II-3-79.

						Аркуш
						59
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Введ. 09.09.2006 р. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. –72 с

11. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні Ктм 204 Україна 244-94 Київ 2001. –363с
12. Базальтова мінеральна вата щільністю 145 кг/м³ [Електронний ресурс].-Режим доступу <https://prom.ua/ua/p117426813-mineralnaya-vata-tehnonikol.html>
13. Грунтовка Ceresit СТ-17 [Електронний ресурс].-Режим доступу. <https://epicentrk.ua/shop/gruntovka-glubokopronikayushchaya-ceresit-ct-17-10l.html>
14. Дюбель для теплоізоляції з пластиковим цвяхом 10/160 мм. [Електронний ресурс].-Режим доступу. <https://epicentrk.ua/shop/dyubel-fasadnyu-dlya-teploizolyatsii-10x160-mm-50-sht-raspornyu-s-plastikovym-sterzhnem-belyu-masterpro.html>
15. Штукатурна сітка Masternet 160 г/м. [Електронний ресурс].-Режим доступу. <https://epicentrk.ua/shop/steklosetka-shtukaturnaya-lugostoykaya-a-145-5x5-rulon-50-kv-m.html>
16. Клей для арміровки Ceresit СТ-85. [Електронний ресурс].-Режим доступу. <https://epicentrk.ua/shop/smes-dlya-prikleivaniya-i-armirovaniya-ceresit-pps-st-85-25kg.html>
17. Грунтуюча фарба Ceresit СТ-16. [Електронний ресурс].-Режим доступу. <https://epicentrk.ua/shop/grunt-kraska-adgezionnaya-ceresit-ct-16-super-quartzcontact-10-l-15-kg.html>
18. Штукатурка фасадна Ceresit СТ-35, 2.5 мм [Електронний ресурс] .Режим-доступу. <https://epicentrk.ua/shop/dekorativnaya-shtukaturka-ceresit-ct-35-25-kg.html>
19. Фарба фасадна Ceresit СТ-42. [Електронний ресурс].-Режим доступу.- <https://epicentrk.ua/shop/akrilovaya-kraska-fasadnaya-ct-42-ceresit-10-l-14-kg-113676.html>

						Аркуш
						60
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

20. Вікно металопластикове 2000/2000 [Електронний ресурс].-Режим доступа https://okna.ua/windowscalc?id_price=3222&id_glass=20&width=2000&height=2000&id_type=4
21. Вікно металопластикове 2000/3000 [Електронний ресурс].-Режим доступа https://okna.ua/windowscalc?id_price=882&id_glass=20&width=3000&height=2000&id_type=7
22. Двері металопластикові 2040/900 [Електронний ресурс].-Режим доступа. https://okna.ua/windowscalc?id_price=882&id_glass=20&width=900&height=2040&id_type=18
23. Двері металопластикові 2040/1800 [Електронний ресурс].-Режим доступа. https://okna.ua/windowscalc?id_price=1183&id_glass=25&width=1800&height=2040&id_type=18
24. Піноізол, ціноутворення.[Електронний ресурс].-Режим доступа. <http://penoizol.zp.ua/characters/>
25. Gree FHBQ-D20-M - приточно-вытяжная установка с рекуператором. [Електронний ресурс].-Режим доступа. <https://ovk.ua/shop/product/gree-fhbq-d20-m>
26. Трубі для вентиляції, кріплення, тройники[Електронний ресурс].Режим-доступа <https://tincraft.com.ua/uslugi/ventilyatsiya>
- 27..Піноізол[Електронний ресурс].- Режим доступа -<http://penoizol.zp.ua/characters/>
28. Природня вентиляція.[Електронний ресурс].- Режим доступа - http://www.klimatvdomi.com/ventilation/vent_calculation_est_ua.html#:~:text
29. Штучна вентиляція.[Електронний ресурс].-Режим доступа <https://studfile.net/preview/5470308/page:34/>
30. Вентиляція. [Електронний ресурс].-Режим доступа <https://studfile.net/preview/5196733/page:2/>

						Аркуш
						61
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

31.Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І. М. Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48 с.

						Аркуш
						62
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Охорона праці

Вентиляція – це організований повітрообмін, призначений для створення повітряного середовища, сприятливого для здоров'я людини відповідає вимогам технологічних процесів, збереження устаткування, матеріалів, продуктів та ін. У залежності від способу, що викликає рух повітря, системи вентиляції ділять на природні (гравітаційні) і штучні (з механічним побудженням), за призначенням - на припливні, витяжні та змішані системи вентиляції; по зоні обслуговування системи вентиляції бувають місцеві та загальнообмінні, а по конструктивному виконанню - каналні і безканалні системи вентиляції.

Проектування системи вентиляції з природнім побудженням здійснюють у випадках, коли нормовані параметри повітряного середовища у приміщеннях можуть бути забезпечені за рахунок гравітаційного або вітрового тиску і коли зовнішнє повітря не вимагає попередньої обробки (очищення, підігріву, охолодження, зволоження і т.п.). Коли відповідних параметрів повітря таким способом досягти неможливо, здійснюють проектування і монтаж системи вентиляції з механічним побудженням або змішані системи, в яких використовується відповідне обладнання, комплектуючі, а в залежності від їх конструктивного виконання - і повітропроводи систем вентиляції

Вентиляція виробничих приміщень — це сукупність заходів та засобів, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування метеорологічних умов та чистоти повітря, які відповідають гігієнічним вимогам. Основне завдання вентиляції - видалення із приміщення

забрудненого, вологого абонагрітого повітря і забезпечення надходження чистого зовнішнього повітря.

Природна неорганізована вентиляція здійснюється за рахунок різниці тиску зовні й усередині приміщення. Для помешкань зміна повітря (інфільтрація) може досягати 0,5-0,75 %, а для промислових – 1,0-1,5 % об'єму за годину.

За напрямком потоку повітря вентиляція поділяється на припливну, витяжну та припливно-витяжну.

За місцем дії: загальнообмінна, місцева, комбінована.

За призначенням: робоча, аварійна.

За способом переміщення повітря: природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно).

Природна вентиляція виробничих приміщень.

Аерація – організована природна вентиляція приміщень через фрамуги, квартирки, вікна.

Природна вентиляція поділяється на неорганізовану та організовану. При неорганізованій об'єми повітря, що надходять у виробниче приміщення та вилучаються із нього, невідомі і залежить від випадкових чинників: напрямку вітрового потоку, його сили та температури. Її різновиди: інфільтрація (надходження повітря через нещільності у вікнах, дверях, перекриттях тощо) та провітрювання (відкривання вікон та квартир).

Організована (аерація). Надходження чистого зовнішнього повітря здійснюється через спеціальні отвори в стінах виробничих будівель (припливні прорізи, фрамуги), видалення відпрацьованого – через спеціальні пристрої (аераційні ліхтарі) в даху чи у верхній частині будівлі. Тобто у приміщенні створюється спрямована циркуляція повітря. При цьому виникає незначне розрідження, що сприяє підсмоктуванню зовнішнього прохолодного повітря.

Регулювання надходження зовнішнього повітря здійснюється шляхом відкривання на необхідну величину припливних отворів (фрамуг). У теплий

період року відкриваються фрамуги, розташовані на висоті 0,3...1,8 м від рівня підлоги, у холодний - на висоті не нижче 4 м від рівня підлоги (для запобігання переохолодженню працівників).

Для збільшення тяги за рахунок енергії вітру над витяжними каналами встановлюють спеціальні насадки - дефлектори. Принцип дії дефлектора полягає у збільшенні тяги у витяжному каналі за рахунок створення у ньому розрідження при обтіканні поверхні дефлектора вітровим потоком. Ефективність дефлектора зростає із збільшенням швидкості вітру і висоти установки над дахом будівлі.

Переваги природної вентиляції:

- простота конструктивного виконання;
- простота обслуговування;
- економічність завдяки відсутності витрат електроенергії.

Недоліки:

- залежність ефективності від температури та швидкості вітрового потоку;
- неможливість регулювання параметрів (температури, відносної вологості) припливного повітря;
- неможливість очищення забрудненого під час виконання виробничих процесів повітря перед його викидом в атмосферу.

Штучна (механічна) вентиляція виробничих приміщень.

Штучна вентиляція – це така вентиляція, при якій повітря подається за допомогою спеціальних пристроїв – компресорів, насосів і іншого устаткування. Розрізняють вентиляцію загального обміну (для всього приміщення) і місцеву (для окремих робочих місць). При штучній вентиляції повітря може попередньо проходити через систему фільтрів, очищатися, а в повітрі, що видаляється, можуть уловлюватися шкідливі домішки. Недоліком механічної вентиляції є створюваний нею шум. Найбільш досконалий вид промислової вентиляції – кондиціонування повітря. [30].

Кондиціонування – штучна автоматична обробка повітря з метою підтримки оптимальних мікрокліматичних умов незалежно від характеру технологічного процесу й умов зовнішнього середовища. У ряді випадків при кондиціонуванні повітря проходить додаткову спеціальну обробку – очистку від пилу, зволоження, озонування й інші. Кондиціонування повітря забезпечує як безпеку життєдіяльності, так і параметри технологічних процесів, де не допускаються коливання температури і вологості середовища.

На відміну від природної, штучна (механічна) вентиляція забезпечує:

- очищення забрудненого повітря;
- вловлювання шкідливих речовин безпосередньо в місцях їх утворення;
- можливість обробки припливного повітря (очищення, підігрівання, зволоження тощо);
- можливість спрямованого подавання повітря в робочу зону;
- можливість забору повітря у найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

При штучній вентиляції повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, що створюється вентилятором. Вона застосовується в тих випадках, коли температурні умови у виробничому приміщенні не дають можливості постійного (протягом року) використання аерації та коли кількість чи токсичність шкідливих речовин, які виділяються у повітря приміщення, зумовлюють необхідність конкретної величини повітрообміну.

Штучна вентиляція поділяється на робочу і аварійну. Робоча вентиляція є загальнообмінна, місцева та комбінована.

Загальнообмінна забезпечує можливість створення необхідного мікроклімату та чистоти повітря у всьому об'ємі виробничого приміщення. Якщо у виробничих приміщеннях виділяються гази та пара з густиною, більшою за густину повітря (наприклад, пари кислот, бензину, гасу тощо), то загальнообмінна вентиляція повинна забезпечити видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% - із верхньої. Якщо густина газів менша за

густину повітря, то видалення забрудненого повітря здійснюється у верхній зоні.

Загальнообмінна штучна вентиляція поділяється на припливну, витяжну та припливно-витяжну.

Припливна служить для надходження чистого зовнішнього повітря у виробниче приміщення. Повітрозабірні пристрої повинні бути розташованими в місцях, де повітря не забруднене пилом та газами, при цьому не нижче 2 м від рівня землі та нижче 6 м по вертикалі і не ближче 25 м по горизонталі від викидних каналів витяжної вентиляції.

Витяжна вентиляція служить для видалення забрудненого повітря із виробничого приміщення, яке після очищення викидається із нього на висоті не менше 1 м над гребенем даху. Забороняється виготовляти викидні отвори безпосередньо у вікнах.

Припливно-витяжна вентиляція поєднує першу й другу і застосовується у приміщеннях, в яких виділяється значна кількість шкідливих газів, пари, пилу і в яких потрібно забезпечити підвищений повітрообмін. При цьому кількість видаленого повітря повинна бути на 10% більшою, ніж припливного. Крім цього, можливе використання не лише зовнішнього повітря, але й повітря виробничих приміщень після його очищення. Цей процес називається рециркуляцією і здійснюється в холодний період року для економії тепла, що витрачається на підігрівання зовнішнього повітря.

Місцева вентиляція служить для вилучення та віддалення шкідливих речовин безпосередньо з місць їх утворення або розчинення їх до допустимих концентрацій шляхом подавання чистого зовнішнього повітря. Може бути припливною і витяжною.

При місцевій припливній вентиляції здійснюється концентрована подача чистого зовнішнього повітря заданих параметрів (температури, вологості, швидкості руху) на робоче місце за допомогою повітряних душів, повітряних та повітряно-теплових завіс. При цьому повітряні душі в основному

використовуються для створення повітряних оазисів (простір виробничої зони, що різко відрізняється своїми фізико-хімічними характеристиками від простору решти приміщення), а повітряні та повітряно-теплові завіси - для запобігання надходження в приміщення холодного зовнішнього повітря при частому відкриванні дверей чи воріт. Повітряна завіса створюється струменем повітря з вузької довгої щілини під деяким кутом назустріч потоку зовнішнього повітря. Канал зі щілиною розміщується збоку, знизу чи зверху воріт або дверей.

Місцева витяжна вентиляція забезпечує вловлювання шкідливих виділень (газів, парів, пилу) безпосередньо в місцях їх виділення і запобігає їх поширенню по приміщенню.

Комбінована вентиляція поєднує загальнообмінну та місцеву.

Аварійна вентиляція (як правило витяжна) повинна бути передбачена у виробничих приміщеннях, в яких є загроза виникнення аварій із виділенням значної кількості шкідливих речовин або утворення небезпечних для життя працівників чи вибухонебезпечних їх концентрацій. Вона повинна вмикатись автоматично при досягненні їх ГДК і забезпечувати швидке видалення їх із приміщення. При цьому повинен забезпечуватися 8-12-кратний повітрообмін у приміщенні. [30]

Розрахунок природної вентиляції.

Природна вентиляція в приміщенні - це самовільний рух повітря внаслідок різниці його температур (густин) зовні і всередині або вітрового навантаження зовні.

Природна вентиляція буває безканална і канална, а умовно може ще бути як постійна і періодична. Періодичне відкривання фрамуг, кватирок, дверних і віконних прорізів називається провітрювання. Безканална природна вентиляція, організована на постійній основі у виробничих приміщеннях із значними тепловиділеннями, що забезпечує необхідну кратність повітрообміну

в них, називається аерація. У житлових і громадських будівлях частіше використовується канална природна вентиляція, у якій вентканали розміщені вертикально у спеціальних блоках, шахтах або розміщені у товщі внутрішніх стін.

Розрахунок природної вентиляції каналного типу зводиться до визначення розмірів живого перерізу повітроводів, що надають проходу необхідної кількості повітря опір, відповідний розрахунковому тиску. Втрати тиску в повітроводах визначають як суму втрат тиску на ділянках самого протяжного тракту мережі. На кожній ділянці втрати тиску, Па, складаються з втрат на тертя (Rl) і на подолання місцевих опорів (Z):

$$p = R \cdot l + Z,$$

де R - питома втрата тиску по довжині ділянки, що зумовлена тертям, Па/м;

l - довжина ділянки, м.

Площа живого січення повітропроводів, m^2 , визначають за формулою:

$$F = L / (3600V),$$

де L - розрахункова витрата повітря, $m^3/ч$;

V - швидкість повітря в повітропроводі, м/с (зазвичай її приймають рівною 0,5... 1,0 м/с).

Площа живого січення і розміри повітропроводу знаходять, задаючи швидкістю руху повітря у ньому. Втрати тиску на тертя визначають за допомогою спеціальних таблиць або номограмм, складених для круглих сталевих повітропроводів. Якщо повітропроводи для каналної системи вентиляції передбачається виконувати прямокутними, то для кожної ділянки

розраховують діаметр $d_{\text{э}}$ рівновеликого (еквівалентного за тертям) круглого повітропроводу:

$$d_{\text{э}} = 2 a b / (a + b),$$

де (a) і (b) - довжини сторін прямокутного повітропроводу, м.

Питомі втрати тиску на тертя R, визначені за номограмою для сталевих повітропроводів, у разі неметалевих повітропроводів коригують, множачи знайдене значення на коефіцієнт k, який:

-для шлакогіпсових каналів рівний 1,1;

-для шлакобетонних - 1,15;

-для цегляних - 1,3.

Втрати тиску, Па, на подолання місцевих опорів для кожної ділянки розраховують по формулою

$$Z = \Sigma \xi v^2 \rho / 2$$

Де $\Sigma \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів на кожній ділянці;

$v^2 \rho / 2$ - динамічний тиск, Па, що визначається за номограмою.

У системі повітропроводів втрати на місцеві опори складають 80...90% від загальних втрат, тому при конструюванні систем природної вентиляції потрібно уникати різких поворотів, зайвих засувок, клапанів на повітряному тракті.

Природна вентиляція є простотою за конструкцією і порівняно легкою в обслуговуванні, що є перевагою, але основним недоліком є малий радіус її дії, особливо для приміщень з невеликими надлишками теплоти [28].

Розрахунок штучної системи вентиляції

Основне завдання розрахунку загальнообмінних систем штучної вентиляції - визначити кількість повітря L ($m^3/год$), що необхідно подати або вилучити з приміщення. При розрахунку вентиляції в цехах, повітрообмін, як правило, визначають розрахунковим шляхом за конкретними даними про кількість шкідливих виділень (теплоти, вологи, парів, газів, пилу).

Для цехів, де виділяються шкідливі речовини, повітрообмін визначають за кількістю шкідливих газів, парів, пилу, що надходять у робочу зону, з метою розбавлення їх припливним повітрям до гранично допустимих концентрацій:

$$L = \frac{U}{k_1 - k_2}$$

де U — кількість шкідливих речовин, що надходять у повітря цеху, $мг/год$;

k_1 — граничне допустима концентрація шкідливих речовин, що надходять у повітря цеху, $мг/м^3$;

k_2 — концентрація тих же шкідливих речовин у припливному повітрі, $мг/м^3$.

Для цехів з виділенням надлишкового тепла кількість припливного повітря визначається із умови асиміляції цього тепла;

$$L = Q_{\text{над}} / (C \gamma (t_v - t_n))$$

де $Q_{\text{над}}$ — надлишкове тепло в цеху, $кДж/год$;

C — питома теплоємність повітря при постійному тиску, що дорівнює $1 кДж / (кг \cdot ^\circ C)$;

γ — густина припливного повітря, $кг/м^3$,

t — температура повітря, що виходить з цеху, $^\circ C$;

t_n — температура припливного повітря, $^\circ C$.

3. Для цехів зі значним виділенням водяних парів необхідний повітрообмін визначається за надлишком вологи:

$$L = G / (\gamma (d_v - d_n))$$

де G — маса водяних парів, що виділяються різними джерелами в приміщення, $г/год$;

d_B — вологовміст повітря, що виходить з цеху, $г/кг$;

d_n — вологовміст повітря, що надходить у цех (припливного), $г/кг$; γ — густина припливного повітря, $кг/м^3$.

Для приміщень, де немає шкідливих виділень (або кількість їх незначна) приплив (витяжку) повітря можна визначити за *кратністю повітрообміну* (k) — відношенням об'єму повітря, що подається (вилучається) за одиницю часу L ($м^3/год$) до об'єму приміщення V_n ($м^3$):

$$k = L/V_n,$$

Кратність повітрообміну показує скільки разів протягом години необхідно замінити весь об'єм повітря в даному приміщенні для створення нормальних умов повітряного середовища. Визначивши за довідником кратність повітрообміну і знаючи об'єм приміщення можна порахувати кількість припливного повітря чи витяжки.

Для приміщень, де не утворюються шкідливі виділення та надлишкове тепло і немає необхідності у створенні метеорологічного комфорту можна використати формулу:

$$L = l \cdot n,$$

де l — мінімальна подача повітря на одного працівника відповідно до санітарних норм (при об'ємі приміщення, що припадає на одного працівника, до $20 м^3$ — $l = 30 м^3/год$, а при об'ємі більше $20 м^3$ — $l = 20 м^3/год$);

n — кількість працівників у приміщенні.

При розрахунку місцевої витяжної вентиляції кількість повітря, що вилучається місцевою витяжкою (зонт, панель, шафа) можна порахувати за формулою:

$$L = F \cdot v \cdot 3600 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

де F — площа поперечного перерізу отвору місцевої витяжки, м^2 ;

v — швидкість руху вилученого повітря в цьому отворі (приймається від 0,5 до 1,7 м/с в залежності від токсичності та леткості газів та парів). [29]

ДОДАТОК Б

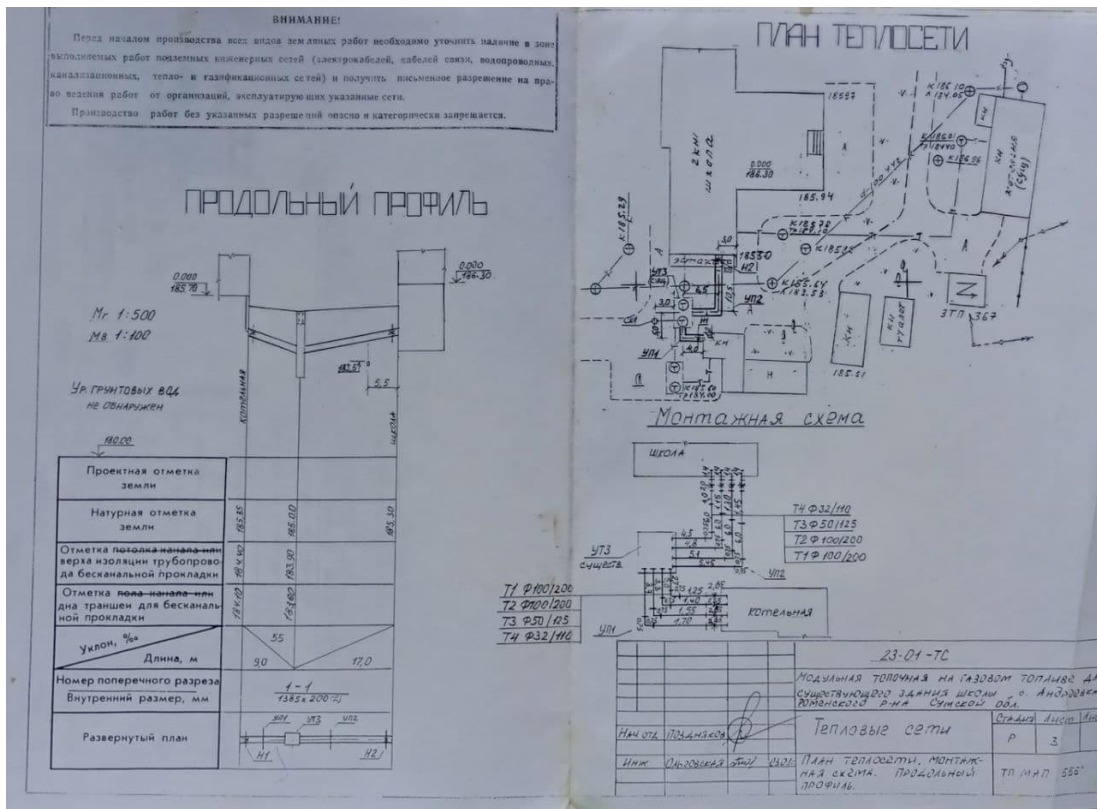


Рисунок Б.1 – Система энергозабезпечення Андріївського ліцею.

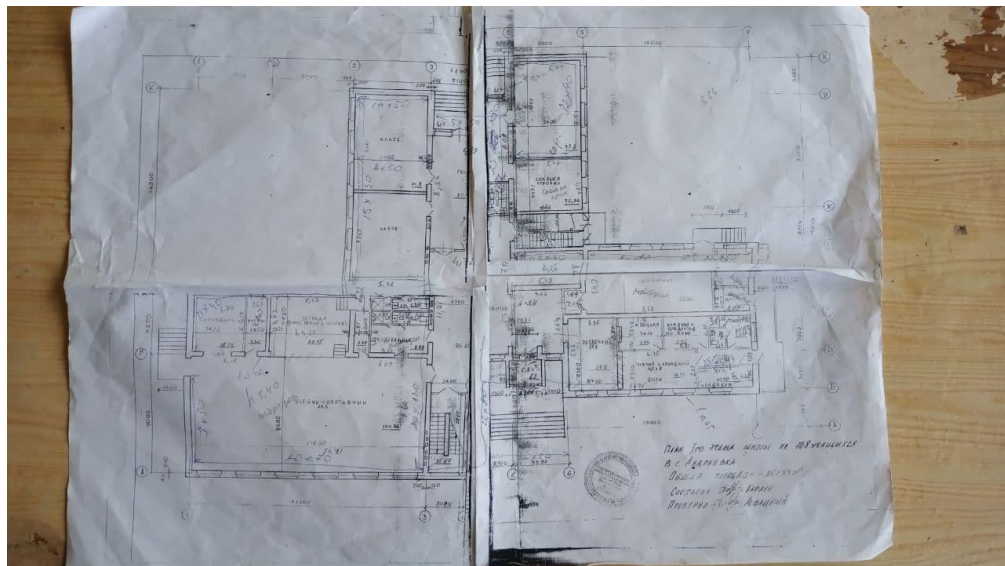


Рисунок Б.2 – План будівлі 1-го поверху Андріївського ліцею.

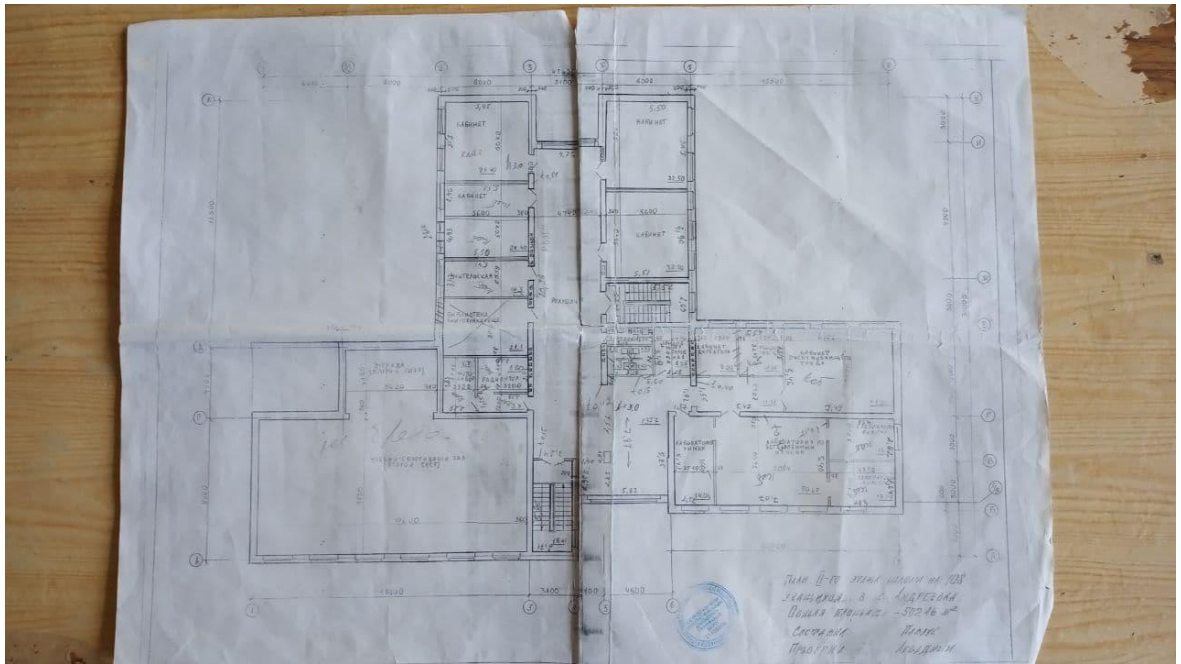


Рисунок Б.3 – План будівлі 2-го поверху Андріївського ліцею.

Таблиця Б.1 – Розрахунку та оцінка NPV.(утеплення стін)

Грошові потоки	Роки																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Витрати, тис. грн.	-617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Дисконовані витрати, тис. грн	-536,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Грошові надходження, тис. грн	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	60,7	
Дисконтні грошові надходження, тис. грн.	55,18	50,17	45,6	41,46	37,69	34,3	31,1	20,8	18,9	17,2	15,6	14,2	12,9	11,7	10,7	9,69	8,81	8,01	7,28	6,62	6,02	5,47	4,97	4,52	4,11	3,73	3,4	3,09
Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.	-536,5	-481,3	-431,2	-386	-344	-306	-272	-241	-213	-187	-164	-142	-123	-105	-89	-75	-62	-50	-39	-29	-20	-12	-4,1	2,71	8,87	14,5	19,6	24,2
Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.	55,18	50,17	45,6	41,46	37,69	34,3	31,1	28,3	25,7	23,4	21,3	19,3	17,6	16	14,5	13,2	12	10,9	9,92	9,02	8,2	7,46	6,78	6,16	5,6	5,09	4,63	4,21
Різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн.	-481,3	-431,2	-385,5	-344	-306	-272	-241	-213	-187	-164	-142	-123	-105	-89	-75	-62	-50	-39	-29	-20	-12	-4,1	2,71	8,87	14,5	19,6	24,2	28,4

Таблиця Б.2 – Розрахунку та оцінка NPV.(заміна вікон)

Грошові потоки	Роки																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Витрати, тис. грн.	-179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Дисконовані витрати, тис. грн	-155,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Грошові надходження, тис. грн	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	
Дисконтні грошові надходження, тис. грн.	21,64	19,67	17,88	16,26	14,78	13,4	12,2	8,14	7,4	6,73	6,12	5,56	5,06	4,6	4,18	3,8	3,45	3,14	2,85	2,59	2,36	2,14	1,95	1,77	1,61	1,46	1,33	1,21
Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.	-155,7	-134,1	-114,4	-96,5	-80,3	-65,5	-52	-40	-29	-19	-9,5	-1,1	6,47	13,4	19,6	25,3	30,5	35,2	39,5	43,4	46,9	50,1	53,1	55,7	58,1	60,3	62,3	64,1
Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.	21,64	19,67	17,88	16,26	14,78	13,4	12,2	11,1	10,1	9,18	8,34	7,58	6,89	6,27	5,7	5,18	4,71	4,28	3,89	3,54	3,22	2,92	2,66	2,42	2,2	2	1,82	1,65
Різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн.	-134,1	-114,4	-96,51	-80,3	-65,5	-52	-40	-29	-19	-9,5	-1,1	6,47	13,4	19,6	25,3	30,5	35,2	39,5	43,4	46,9	50,1	53,1	55,7	58,1	60,3	62,3	64,1	65,8

Таблиця Б.3 – Розрахунку та оцінка NPV.(заміна дверей)

Грошові потоки	Роки																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Витрати, тис. грн.	-78,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Дисконовані витрати, тис. грн	-68,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Грошові надходження, тис. грн	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	
Дисконтні грошові надходження, тис. грн.	5,382	4,893	4,448	4,043	3,676	3,34	3,04	2,03	1,84	1,67	1,52	1,38	1,26	1,14	1,04	0,94	0,86	0,78	0,71	0,65	0,59	0,53	0,48	0,44	0,4	0,36	0,33	0,3
Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.	-68,43	-63,05	-58,16	-53,7	-49,7	-46	-43	-40	-37	-34	-32	-30	-28	-26	-25	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-17	-16	-15	-15	-14	-14
Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.	5,382	4,893	4,448	4,043	3,676	3,34	3,04	2,76	2,51	2,28	2,07	1,89	1,71	1,56	1,42	1,29	1,17	1,06	0,97	0,88	0,8	0,73	0,66	0,6	0,55	0,5	0,45	0,41
Різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн.	-63,05	-58,16	-53,71	-49,7	-46	-42,6	-40	-37	-34	-32	-30	-28	-26	-25	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-17	-16	-15	-15	-14	-14	-13

Таблиця Б.4 – Розрахунку та оцінка NPV.(утеплення даху)

Грошові потоки	Роки																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Витрати, тис. грн.	-120,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Дисконовані витрати, тис. грн	-104,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Грошові надходження, тис. грн	27,12	27,12	27,12	27,12	27,12	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	
Дисконтні грошові надходження, тис. грн.	24,65	22,41	20,38	18,52	16,84	15,3	13,9	9,28	8,43	7,67	6,97	6,34	5,76	5,24	4,76	4,33	3,93	3,58	3,25	2,96	2,69	2,44	2,22	2,02	1,84	1,67	1,52	1,38	
Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.	-104,9	-80,25	-57,83	-37,5	-18,9	-2,09	13,2	27,1	39,8	51,3	61,7	71,2	79,9	87,7	94,9	101	107	113	118	122	126	130	133	136	139	141	144	146	
Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.	24,65	22,41	20,38	18,52	16,84	15,3	13,9	12,7	11,5	10,5	9,51	8,64	7,86	7,14	6,49	5,9	5,37	4,88	4,43	4,03	3,66	3,33	3,03	2,75	2,5	2,28	2,07	1,88	
Різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн.	-80,25	-57,83	-37,46	-18,9	-2,09	13,2	27,1	39,8	51,3	61,7	71,2	79,9	87,7	94,9	101	107	113	118	122	126	130	133	136	139	141	144	146	147	

Таблиця Б.5 – Розрахунку та оцінка NPV.(модернізація вентиляції)

Грошові потоки	Роки																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Витрати, тис. грн.	-260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Дисконовані витрати, тис. грн	-226,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Грошові надходження, тис. грн	46,05	46,05	46,05	46,05	46,05	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	
Дисконтні грошові надходження, тис. грн.	41,86	38,06	34,6	31,45	28,59	26	23,6	15,8	14,3	13	11,8	10,8	9,78	8,89	8,08	7,35	6,68	6,07	5,52	5,02	4,56	4,15	3,77	3,43	3,12	2,83	2,58	2,34
Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.	-226,1	-184,2	-146,2	-112	-80,1	-51,5	-26	-1,9	19,6	39,1	56,9	73	87,7	101	113	124	134	143	152	159	166	172	178	183	188	192	196	199
Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.	41,86	38,06	34,6	31,45	28,59	26	23,6	21,5	19,5	17,8	16,1	14,7	13,3	12,1	11	10	9,11	8,28	7,53	6,85	6,22	5,66	5,14	4,68	4,25	3,86	3,51	3,19
Різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн.	-184,2	-146,2	-111,6	-80,1	-51,5	-25,5	-1,9	19,6	39,1	56,9	73	87,7	101	113	124	134	143	152	159	166	172	178	183	188	192	196	199	202

