

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

«До захисту допущено»
В. о завідувач кафедри
_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО
« ____ » _____ 2023 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології
на тему: «Підвищення рівня енергетичної ефективності Житомирського загальноосвітнього навчально-виховного комплексу “Школа-ліцей №16”»

Виконала:
студентка IV курсу, групи ОН-91
Головка Дарина Сергіївна _____

Керівник:
к.т.н., доц. Дерев'яно Денис Григорович _____

Консультанти:

Теплова частина
(назва розділу)

к.т.н., доц. Шовкалюк М. М. _____
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Охорона праці та пожежна безпека
(назва розділу)

д.т.н., проф. Третьякова Л. Д. _____
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Нормоконтроль
(назва розділу)

к.т.н., доц. Черкашина Г. І. _____
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент

к.т.н., доц. _____
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студентка _____

Київ – 2023 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

«До захисту допущено»

В. о. завідувач кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

« ____ » _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Головко Дарині Сергіївні**

1. Тема проєкту «Підвищення рівня енергетичної ефективності Житомирського загальноосвітнього навчально-виховного комплексу “Школа-ліцей №16”»»

керівник проєкту *к.т.н., доц. Дерев'янка Д. Г.*, затверджені наказом по університету від «09» травня 2023 р. №2097-с

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту “16” червня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту:параметри будівлі, режим роботи, споживання енергетичних ресурсів, перелік електроприймачів.

4. Перелік розділів, які мають бути розроблені

а) енергетична ефективність постачання та використання електричної енергії: - Енергетичний аудит електропостачальної системи навчального закладу;

б) енергетичний аудит системи теплопостачання: - Енергетичний аудит системи теплопостачання навчального закладу;

в) охорона праці та пожежної безпеки: - Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях під час встановлення системи вентиляції.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк. 2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Однолінійна схема електропостачання об'єкту.
2. Схема індивідуального теплового пункту.
3. Зовнішній вигляд та детальний план будівлі.
4. Опис заходів з енергетичної ефективності в системі теплопостачання.

6. Консультанти:

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Теплова частина</i>	<i>к.т.н., доц. Шовкалюк М. М.</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., Черкашина Г.І</i>		

7. Дата видачі завдання «22» травня 2023 р.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання дипломного проєкту
студентом Головко Дариною Сергіївною
(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
1.	Загальний опис об'єкту	22.05 – 28.05.23	
2.	Розрахунок електричної частини	22.05. – 28.05.23	
3.	Розрахунок теплової частини	29.05. – 04.06.23	
4.	Рекомендації для розвитку енергоменеджменту	29.05 – 04.06.23	
5.	Розрахунок впровадження ВДЕ	29.05 – 04.06.23	
6.	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки	05.06. – 09.06.23	
6.	Підготовка графічного матеріалу	09.06 – 16.06.23	
7.	Захист дипломного проєкту	23.06.23	

Студент

Д. С. Головка

Керівник проєкту

Д. Г. Дерев'янку

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту складається з шести розділів, пояснювальна записка містить 101 сторінку основного тексту. В основному тексті роботи наведено 50 ілюстрацій, 35 таблиць, 28 бібліографічних найменувань за переліком посилань та 1 додаток.

Мета проекту полягала у підвищенні рівня енергоефективності системи освітлення та визначенні заходів з енергоефективності в системі теплопостачання для навчального закладу.

Ключові слова: ЕНЕРГІЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕНЕРГО-ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ВИТРАТИ, ЕКОНОМІЯ, СПОЖИВАННЯ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ, ЗАХІД, ЕНЕРГОРЕСУРСИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

ABSTRACT

The explanatory note to the diploma project consists of six chapters, the explanatory note contains 101 pages of the main text. In the main text of the work, 50 illustrations, 35 tables and 28 bibliographic titles are given in the list of references.

The goal of the project was to increase the level of energy efficiency of the lighting system and determine energy efficiency measures in the heat supply system for the educational institution.

Keywords: ENERGY, HEAT LOSSES, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY SAVING, COSTS, ECONOMY, CONSUMPTION, PAYBACK TERM, WEST, ENERGY RESOURCES, MODERNIZATION.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ГВП – гаряче водопостачання;
ТМ – трансформатор масляний;
ДСТУ – державний стандарт України;
ДБН – державні будівельні норми;
Зх – Захід;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
Пд – Південь;
ПДВ - податок на додану вартість;
ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;
Пн – Північ;
Сх – Схід;
LED – світлодіодні лампи;
П – підлога;
Д – дах;
ЗС – зовнішня стіна;
В – вікно;
Д – двері.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ	11
1.1 Короткий опис об'єкту	11
1.2 Аналіз динаміки споживання енергоносіїв за останні три роки	15
Висновки до розділу 1	29
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	30
2.1 Схема живлення об'єкта та її аналіз	30
2.1.1 Характеристика трансформаторної підстанції	31
2.2 Схема внутрішнього електропостачання об'єкту	33
Висновки до розділу 2	44
3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ.....	45
3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергетичної ефективності в будівлях	45
3.2 Визначення теплового навантаження будівлі	46
3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огорожувальних конструкцій.....	58
3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності для інженерних систем	70
Висновки до розділу 3	75
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ	76
4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту на подібних об'єктах в Україні, в тому числі нормативно-правові вимоги.....	76
4.2 Рекомендації щодо розвитку систем обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів (в тому числі за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення)....	77
4.3 Рекомендації щодо організаційно-управлінських заходів	79
Висновки до розділу 4	80
5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	81
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ	86

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1 Загальна характеристика об'єкта.....	86
6.2 Визначення переліку робіт та склад працівників.....	88
6.3 Підключення до електричної мережі об'єкта.....	90
6.4 Оцінка умов праці та визначення небезпечних чинників для електротехнічних працівників.....	91
6.5 Вибір технічних і організаційних заходів та засобів безпеки для запобігання впливу шкідливих, небезпечних виробничих чинників.....	92
6.5 Заходи з пожежної безпеки	95
6.6 Розрахунок рівня шуму в вентиляційній мережі	95
Висновки до розділу 6	96
ВИСНОВКИ	97
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	99
ДОДАТКИ.....	101
Додаток А.....	101

ВСТУП

У дипломному проєкті розглядається проблема енергоаудиту та технічне, економічне обґрунтування реконструкції системи опалення та можливість зниження теплових витрат та підвищення комфорту будівлі навчально-виховного комплексу “Школа-ліцей №16”», що знаходиться в м. Житомир, Житомирського району, за адресою вул. Шевченка 105Б.

В ході розробки даної роботи було зібрано дані по опаленню, холодній воді і електроспоживанню за 3 роки (2017 - 2019 рр.). Зібрані дані будуть проаналізовані, і на основі цього аналізу необхідно зробити висновки про забезпечення необхідним обладнанням, про стан системи опалення та її функціонування.

Метою даного проєкту є забезпечення покращення енергоефективності в навчально-виховному комплексі з кінцевим результатом у вигляді зменшення споживання енергоресурсів та оптимізації витрат, збереження природних ресурсів і зниження викидів.

Проблема енергоефективності в початкових закладах наразі є актуальною як ніколи. Тому що багато будівель до цього часу використовує застаріле обладнання, яке є вже неефективним і при цьому споживає велику кількість енергоресурсів, що в свою чергу підвищує витрати на споживання. Сучасне суспільство немає як такого усвідомлення важливості енергозбереження, тому важливо впроваджувати як можна більше заходів і тим самим збільшувати обізнаність серед учнів та персоналу навчальних закладів.

Енергоефективність в навчальних закладах має безліч переваг, починаючи з економії енергоресурсів та зниження витрат на енергопостачання, що звільняє фінансові ресурси для інших потреб, таких як модернізація навчальних програм та устаткування, а також підвищення заробітної плати педагогічному персоналу. Крім того, енергоефективність сприяє зниженню викидів парникових газів та інших шкідливих речовин у

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

атмосферу, сприяючи збереженню довкілля та поліпшенню якості повітря, що має позитивний вплив на здоров'я учнів та педагогічного персоналу.

Отже, однією з головних причин звернення уваги на енергоефективність в школах є зниження витрат на енергію. Енергоспоживання є значною складовою витрат навчальних закладів, і раціональне використання енергоресурсів може привести до економії коштів. Зменшення витрат на опалення, освітлення та роботу електроприладів звільняє фінансові ресурси, які можуть бути спрямовані на інші потреби.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ

1.1 Короткий опис об'єкту

Об'єктом енергетичного аудиту є Житомирський загальноосвітній навчально-виховний комплекс “Школа-ліцей №16”, що знаходиться за адресою: вул. Шевченка 105Б, м. Житомир, Житомирського району, Житомирської області. За адміністративною належністю – це навчальний заклад (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Головний вигляд навчального закладу

Був збудований у 1950 році та має 4 поверхи. Загальна кількість людей, що можуть одночасно перебувати у будівлі - 1042 осіб. Загальна площа становить 11 294 м², а опалювальна площа 9 531 м². Сумарний об'єм – 31 928 м³. Чиста висота поверху – 3,1 м. Навчально-виховний комплекс є учбовим закладом. Початок занять о 8:30. Вночі працює охорона, але приміщення без сигналізації.

Режим роботи: Понеділок-П'ятниця: 8:00-17:30. Субота-Неділя: за розпорядженням, але переважно вихідні.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Загальний опис об'єкту	Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Головко Д. С.						
Перевір.		Шовкалюк М. М.					11	101
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Черкашина Г. І.				гр. ОН-91		
Затвер.								

Наявна документація така як: поверхові плани, схеми тепло- та електропостачання, проєктна документація, договори на електро- та теплопостачання.

Матеріали конструкцій:

- стіни: кладка цегляна з повнотілої силікатної цегли на цементно-піщаному розчині (густиною $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$), кладка цегляна з повнотілої керамічної цегли на цементно-піщаному розчині (густиною $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$), розчин вапняно-піщаний;
- покриття:
 - суміщене покриття: розчин вапняно-піщаний (густиною $\rho_0 = 1600 \text{ кг/м}^3$), залізобетон (густиною $\rho_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$), гравій керамзитовий (густиною $\rho_0 = 400 \text{ кг/м}^3$), розчин цементно-піщаний (густиною $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$), руберойд, пергамін (густиною $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$);
 - неопалювальне горище 1: розчин цементно-піщаний (густиною $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$), залізобетон (густиною $\rho_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$), гравій керамзитовий (густиною $\rho_0 = 400 \text{ кг/м}^3$), розчин цементно-піщаний (густиною $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$), гравій керамзитовий (густиною $\rho_0 = 400 \text{ кг/м}^3$);
 - неопалювальне горище 2: сосна та ялина поперек волокон.
- підлога:
 - неопалювальний підвал: лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові (густиною $\rho_0 = 1600 \text{ кг/м}^3$), гравій керамзитовий (густиною $\rho_0 = 600 \text{ кг/м}^3$), розчин цементно-піщаний (густиною $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$), залізобетон (густиною $\rho_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$);
 - підлога над проїздом: лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові (густиною $\rho_0 = 1600 \text{ кг/м}^3$), розчин цементно-піщаний (густиною $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$), гравій

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

керамзитовий (густиною $\rho_0 = 600 \text{ кг/м}^3$), залізобетон (густиною $\rho_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$);

- двері: дерев'яні, металопластикові, металеві;
- вікна: металопластикові, дерев'яні.

Взагалі огорожувальна конструкція зовнішніх стін навчально-виховного комплексу не відповідає діючому стандарту, тому для підвищення комфорту персоналу та учнів і зменшення теплових втрат пропонується комплекс заходів щодо утеплення будівлі. Вікна будівлі переважно металопластикові, частково двокамерні та частково однокамерні характеристики яких не відповідають діючим мінімальним вимогам. Двері, дерев'яні та металопластикові. Покрівля над частиною будівлі пласка, рулонна з рубероїду по утеплювачу, над рештою будівлі скатна, покриття з азбестоцементних листів та металочерепиці, мають місце протікання. Дерев'яне перекриття горища над частиною будівлі в поганому стані і потребує заміни. Під частиною будівлі розташований неопалювальний підвал, інша частина розташована по ґрунту. Гаряче водопостачання готується в теплообмінника, які встановлені в ІТП та підключені за двоступеневою змішаною схемою. Система освітлення переважно складається з люмінесцентних та світлодіодних світильників.

В Житомирському загальноосвітньому навчально-виховному комплексі «Школа-ліцей №16» 1-3 ступенів» теплопостачання - централізоване, від котельні на твердому паливі, до якої підключено Житомирську ЗОШ І-ІІІ ступенів №2 та дитячо-юнацьку спортивну школу. Облік тепла тільки в котельні спільний для всіх об'єктів. Підключення системи опалення - залежне. Тип підключення до системи централізованого теплопостачання – 2-трубне (табл 1.1). З метою модернізації системи опалення рекомендується встановити погодозалежну автоматику, що має можливість програмування та скидання температури в неробочий час, святкові та вихідні дні. Трубопроводи системи опалення (рис.1.2) знаходяться в опалювальних і неопалювальних приміщеннях.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Теплопункт навчально-виховного комплексу

Таблиця 1.1 – Система опалення

Джерело тепла	Централізоване тепlopостачання
Телonosій	Вода
Кількість років в експлуатації	70
Тип	Однотрубна (постійний гідравлічний режим). Система не налагоджена. Відсутня балансувальна арматура на стояках (горизонтальних вітках) системи
Стан розведення трубопроводів	Верхня
Матеріал розподільчого трубопроводу	Сталь
Стан теплоізоляції	Незадовільний
Наявність витоків	Ні
Опалювальні прилади	Чавунні
Кількість опалювальних приладів	514
Термостатичні клапани	Ні



Рисунок 1.3 - Система опалення

1.2 Аналіз динаміки споживання енергоносіїв за останні три роки

Річне споживання електричної енергії в 2017 – 2019 роках, за місяцями

Таблиця 1.2 - Річне споживання електроенергії за 2017-2019 роки помісячно

Місяць	Споживання електроенергії, кВт·год					
	2017 рік		2018 рік		2019 рік	
	кВт·год	грн	кВт·год	грн	кВт·год	грн
Січень	3299,9013	10190,095	2518,9049	7778,378	2106,5413	6504,999
Лютий	7533,6651	23263,958	5750,6527	17758,015	4809,2277	14850,895
Березень	12840,135	39650,337	9801,226	30266,186	8196,6918	25311,384
Квітень	10740,37	33166,3	8198,4185	25316,7	6856,2759	21172,2
Травень	9574,4686	29566	7308,4538	2568,5	6112,0051	18873,9
Червень	6280,27	19393,5	4793,9	14803,6	4009,11	12380,1
Липень	1245,78	3846,981	950,941	2936,506	795,265	2455,778
Серпень	6864,18	21196,6	5239,61	16179,9	4381,85	13531,1
Вересень	5494,7636	16967,8	4194,3033	12952	3507,6644	10831,7
Жовтень	6337,33	19569,7	4837,46	14938,1	4045,53	12492,6
Листопад	4347,88	13426,3	3318,86	10248,6	2775,54	8570,85
Грудень	21878,3	67560,036	16700,3	51570,425	13966,3	43127,959
Всього за рік	96437	297797,455	73613	227316,944	61562	190103,455

З таблиці 1.2 бачимо, що споживання електричної енергії нерівномірне протягом року, так як взимку та восени тривалість світлового дня менша і відповідно більше часу використовується для освітлення приміщень будівлі. Також влітку у учнів починаються канікули, тому споживання електричної енергії зменшується.

У 2019 році у середньому за місяць споживали 5130,17 кВт·год. Основними споживачами електроенергії є освітлення, харчблок та навчальне, побутове обладнання.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						15



Рисунок 1.4 - Щомісячне споживання електроенергії за три роки

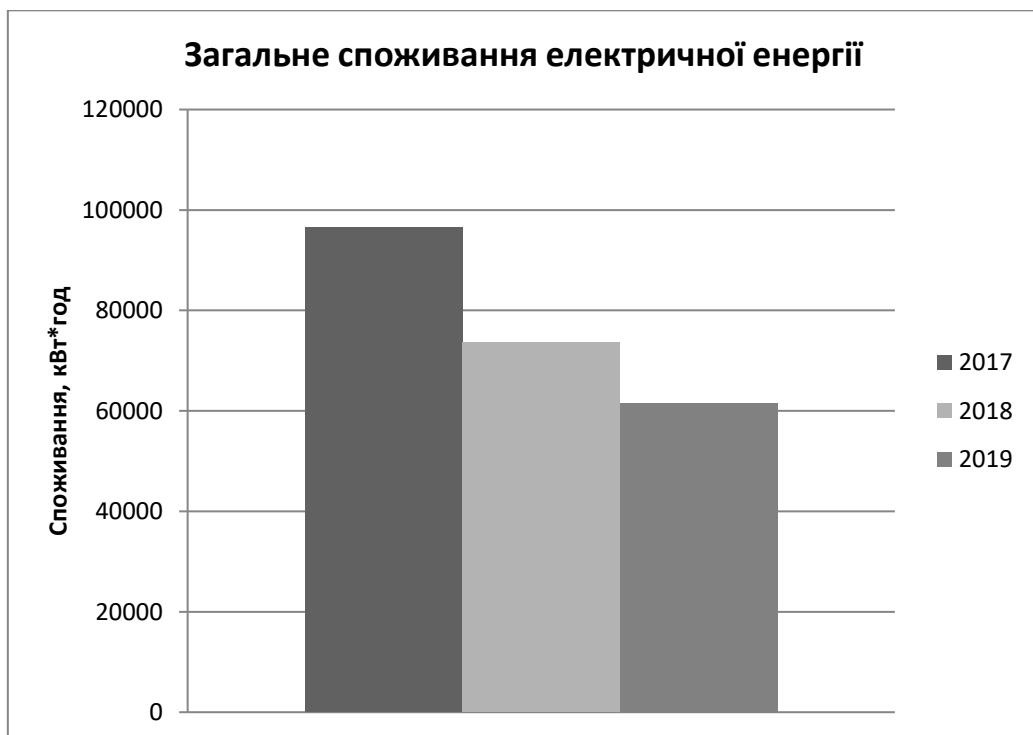


Рисунок 1.5 – Річне споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

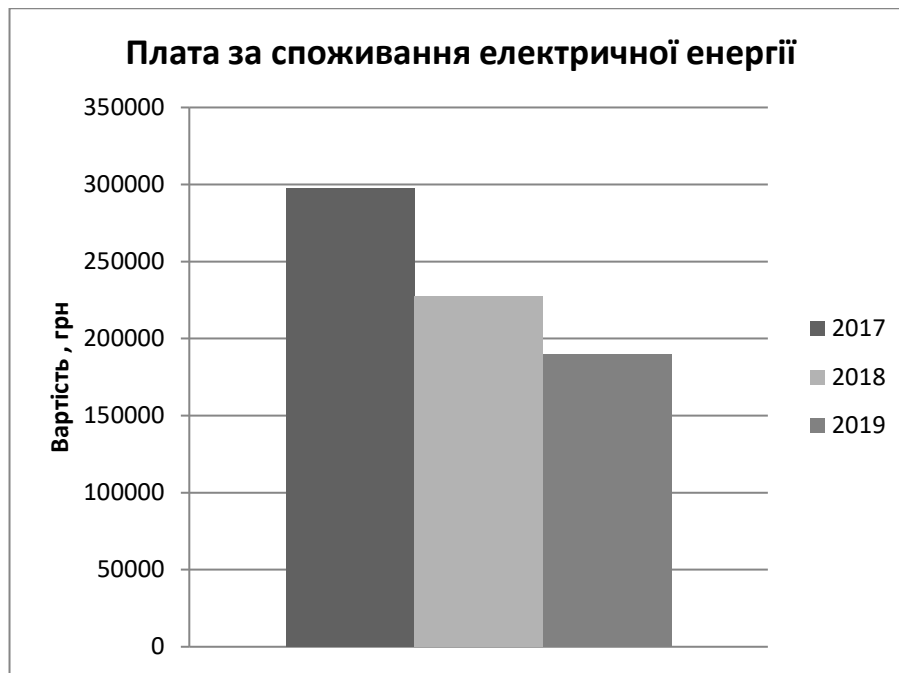


Рисунок 1.6– Плата за річне споживання електроенергії за 2017 – 2019 роки

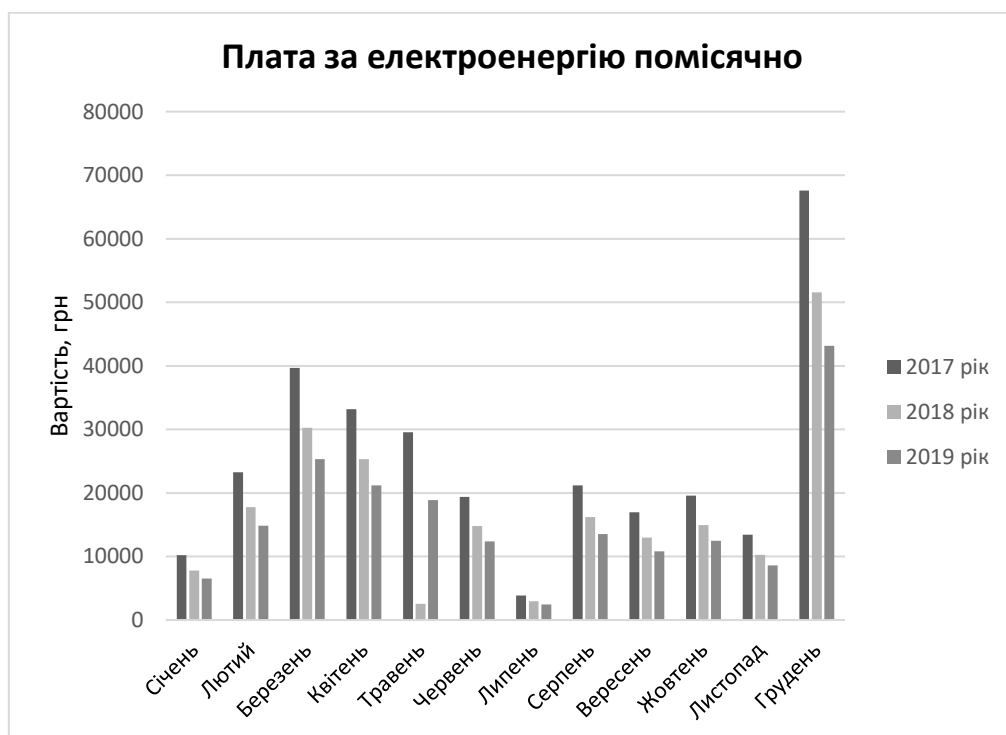


Рисунок 1.7 – Плата за електроенергію помісячно за 2017 – 2019 роки

З рисунків 1.5 та 1.6 бачимо, що оплата за електроенергію пропорційна споживанню ресурсу. У 2018 році було спожито загалом 96437 кВт·год, а в 2019 році – 61562 кВт·год, тобто бачимо значне зменшення споживання електричної енергії у зв'язку з карантином.



Рисунок 1.8 - Щомісячне споживання води за три роки

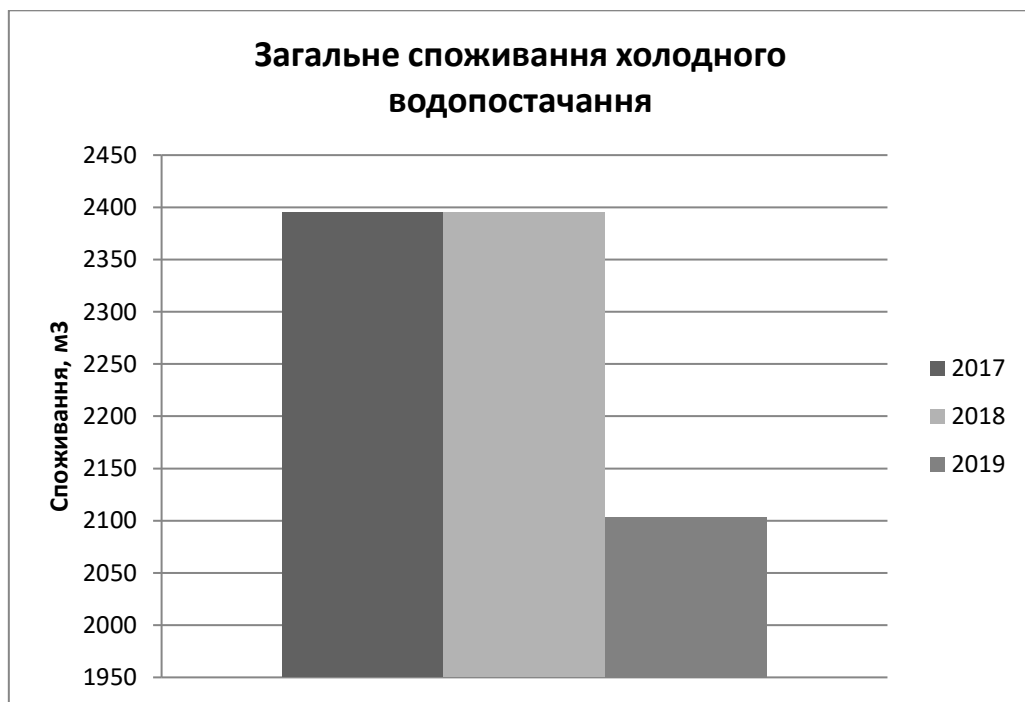


Рисунок 1.9 – Річне споживання води за 2017-2019 роки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

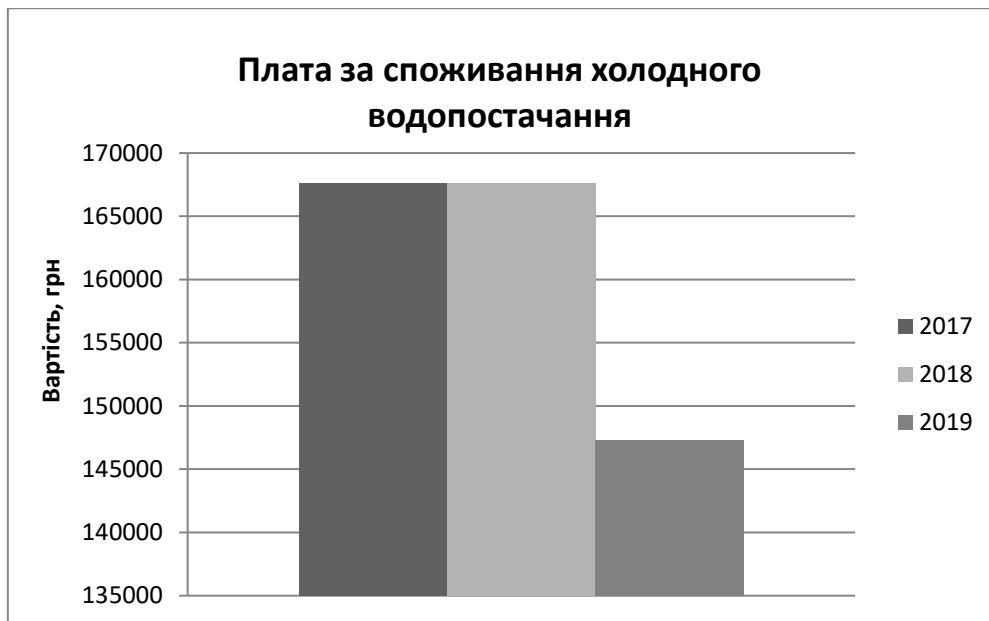


Рисунок 1.10 – Плата за річне споживання води за 2017 – 2019 роки

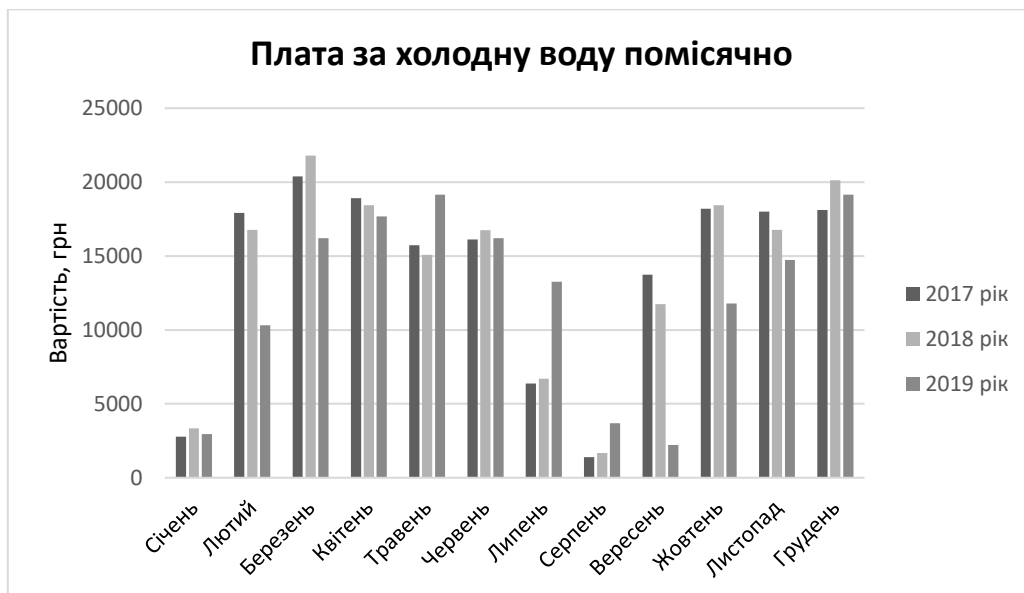


Рисунок 1.11 – Плата за холодну воду помісячно за 2017 – 2019 роки

З рисунків 1.9 та 1.10 бачимо, що споживання холодної води у 2017-2018 роках однакові між собою, а у 2019 році значно скоротилося у зв'язку з введенням карантину. Скоріше всього такий стан пов'язаний з наявністю лімітів, без врахування погодних умов та інших параметрів експлуатації, тому такий підхід не сприяє енергозбереженню. В червні, липні та серпні найнижче споживання холодної води так як учні йдуть на літні канікули. Зменшення витрат холодної води у 2019 можливо обумовлене більш раціональним

споживанням холодної води і налагодженою (відремонтованою) системою водопостачання, змішувачів, карантину.

Таблиця 1.4 - Річне споживання гарячої води за 2017-2019 роки помісячно

Місяць	Споживання гарячої води, кВт·год					
	2017 рік		2018 рік		2019 рік	
	кВт·год	грн	кВт·год	грн	кВт·год	грн
Січень	35,179	108,633	42,34	130,745	42,34	130,745
Лютий	226,148	698,345	211,7	653,729	148,19	457,611
Березень	257,558	795,339	275,21	849,848	232,87	719,103
Квітень	238,712	737,143	232,87	719,103	254,04	784,476
Травень	198,508	612,993	190,53	588,357	275,21	849,848
Червень	203,534	628,513	211,7	653,73	232,87	719,103
Липень	80,408	248,299	84,68	261,492	190,53	588,357
Серпень	17,589	54,315	21,17	65,373	52,925	163,432
Вересень	173,38	535,397	148,19	457,611	31,755	98,059
Жовтень	229,917	709,984	232,87	719,103	169,36	522,984
Листопад	227,405	702,227	211,7	653,73	211,7	653,73
Грудень	228,669	706,130	254,04	784,476	275,21	849,849
Всього за рік	2117	6537	2117	6537	2117	6537

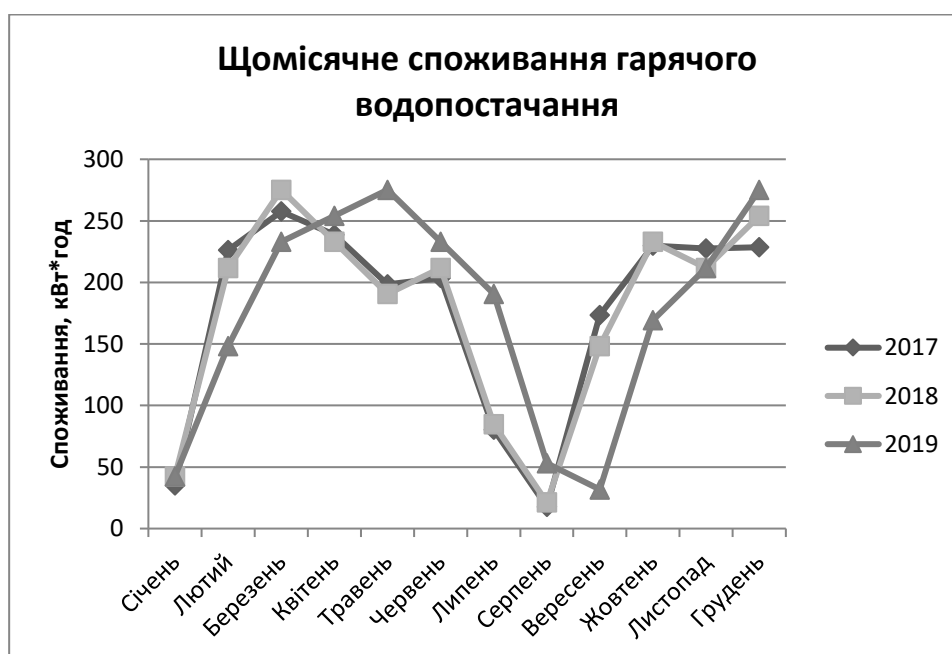


Рисунок 1.12 - Щомісячне споживання води за три роки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

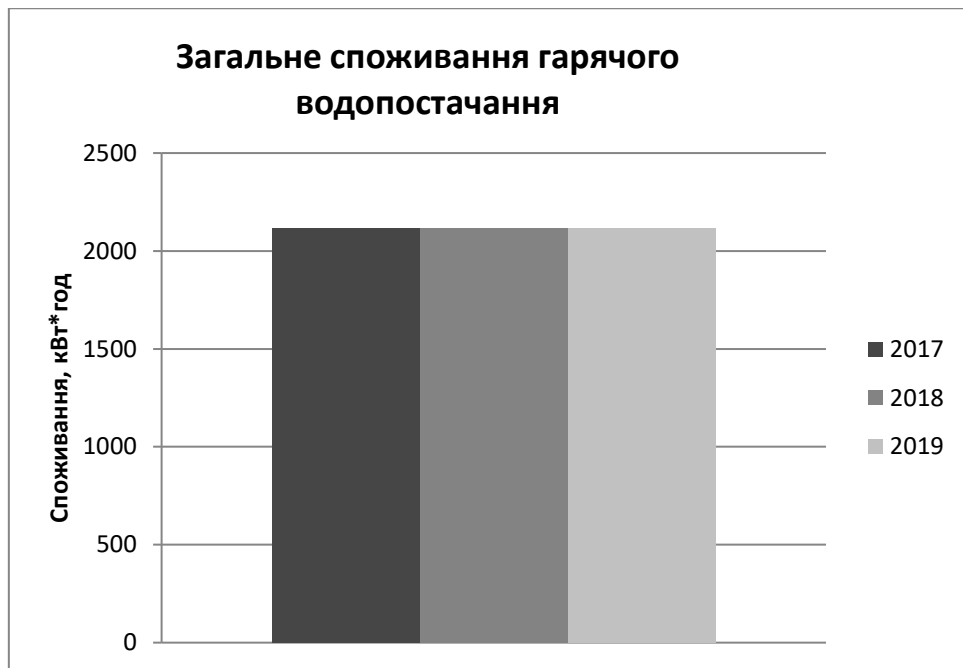


Рисунок 1.13 – Річне споживання води за 2017-2019 роки

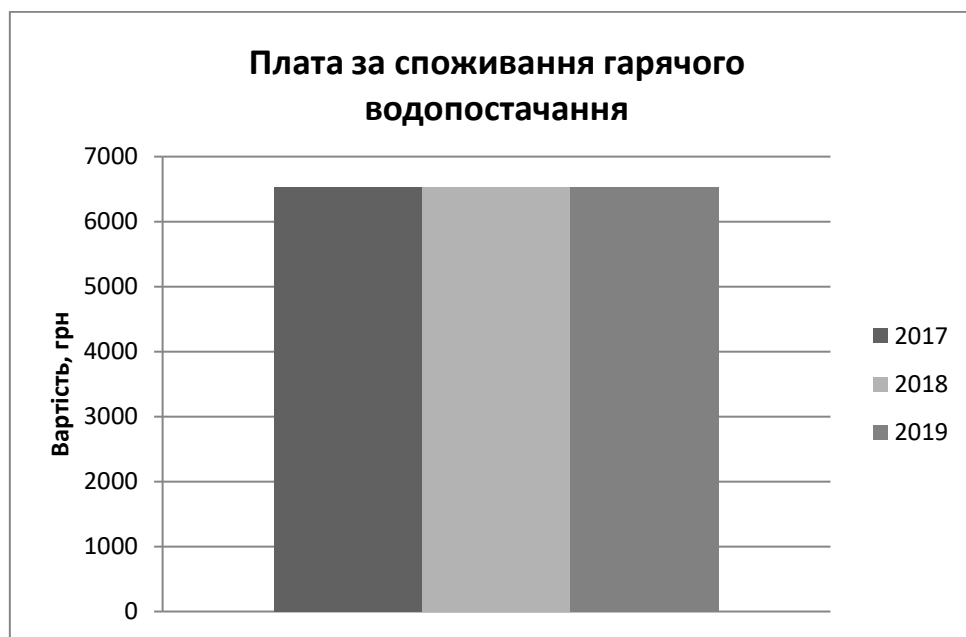


Рисунок 1.14 – Плата за річне споживання води за 2017 – 2019 роки

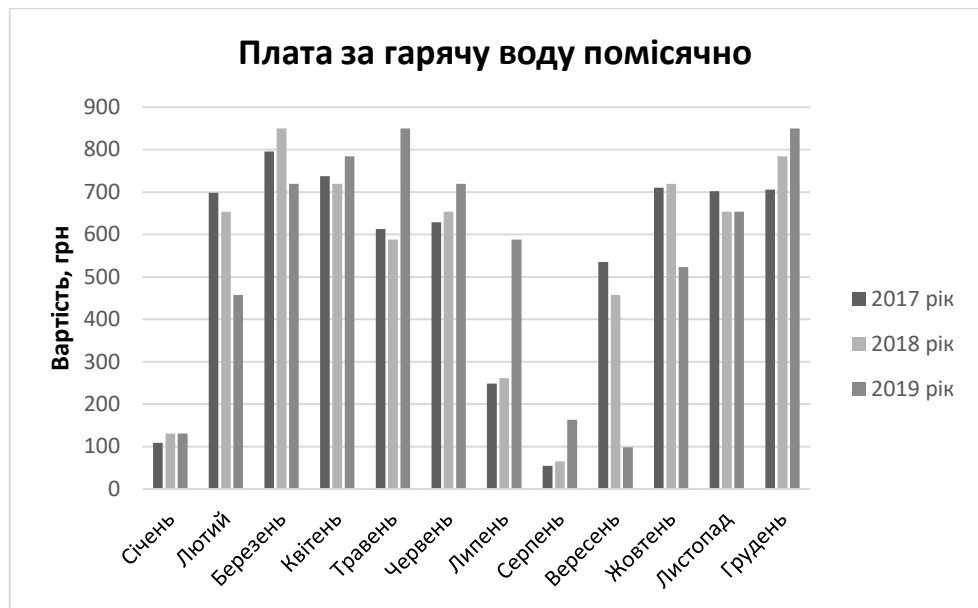


Рисунок 1.15 – Плата за гарячу воду помісячно за 2017 – 2019 роки

З рисунків 1.13 та 1.14 бачимо, що споживання гарячої води у 2017-2018 роках однакові між собою. Цей стан скоріш за все пов'язаний із наявністю лімітів, без урахування впливу погодних умов та інших параметрів експлуатації, тому такий підхід не сприяє енергозбереженню і має бути переглянuto.

Річне споживання теплової енергії в 2017 – 2019 роках, за місяцями

В будівлі основна тепла енергія використовується для опалення приміщень, тому максимальне споживання теплової енергії спостерігається у опалювальний період. У 2019 році у середньому за місяць споживали 9,745 Гкал/міс.

З рисунків 1.15 та 1.16 бачимо, що споживання теплової енергії у 2017-2019 роках подібні між собою. З травня по вересень споживання теплової енергії відсутнє так як опалювальний період починається у жовтні, а закінчується у квітні. Безпосередньо споживання теплової енергії залежить від погодних умов та рівня температур у холодний період року.

Таблиця 1.6 - Річне споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

помісячно

Місяць	Споживання теплової енергії, Гкал					
	2017 рік		2018 рік		2019 рік	
	Гкал	грн	Гкал	грн	Гкал	грн
Січень	333,4	433768,6	350,5	455983,7	285,6	371567,7
Лютий	243,3	316534,1	255,8	332744,9	208,4	271143,8
Березень	190,1	247364,8	199,9	260032	162,9	211893,6
Квітень	36,4	47362,7	38,3	49787,8	31,2	40571,3
Травень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Червень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Липень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Серпень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Вересень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Жовтень	43,3	56272,1	45,5	59155,2	37,1	48203,2
Листопад	219,6	285701	230,8	300332	188,1	244733
Грудень	256	333063,7	269,1	350121,5	219,3	285304,7
Всього за рік	1322,1	1720067	1389,8	1808158,5	1132,5	1473416,5

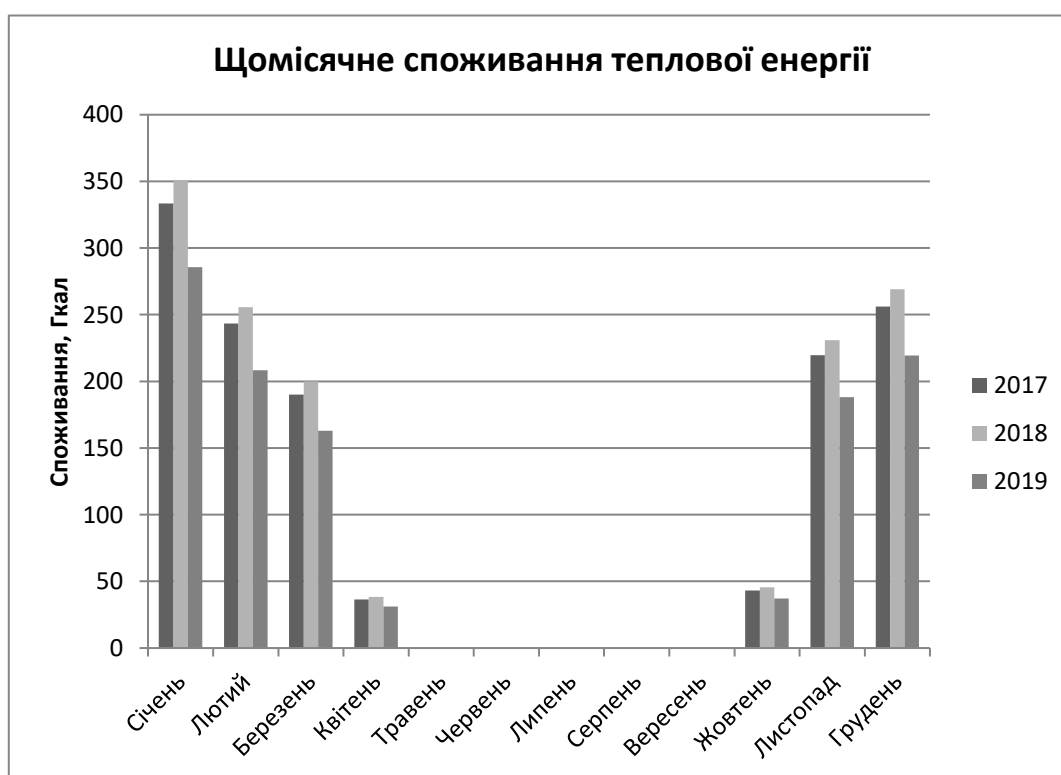


Рисунок 1.16 - Щомісячне споживання теплової енергії за три роки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

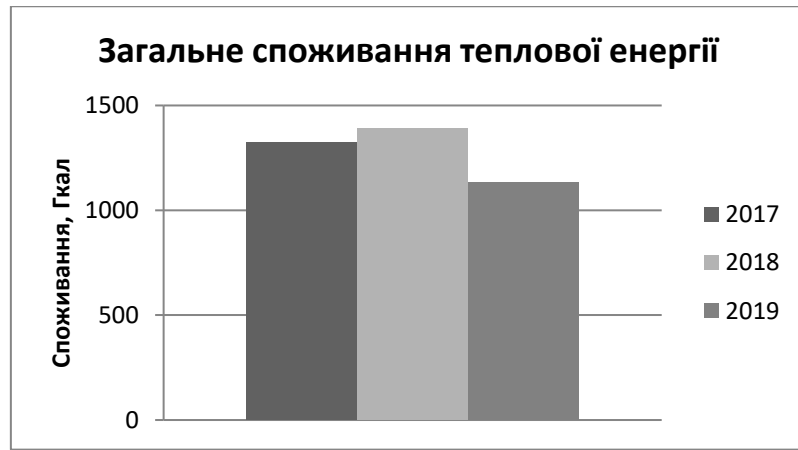


Рисунок 1.17 – Річне споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

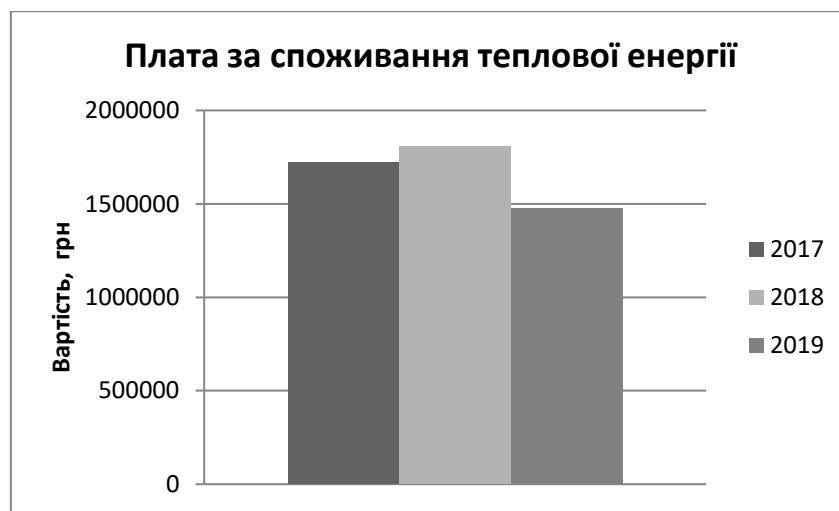


Рисунок 1.18 – Плата за річне споживання теплової енергії за 2017 – 2019 роки

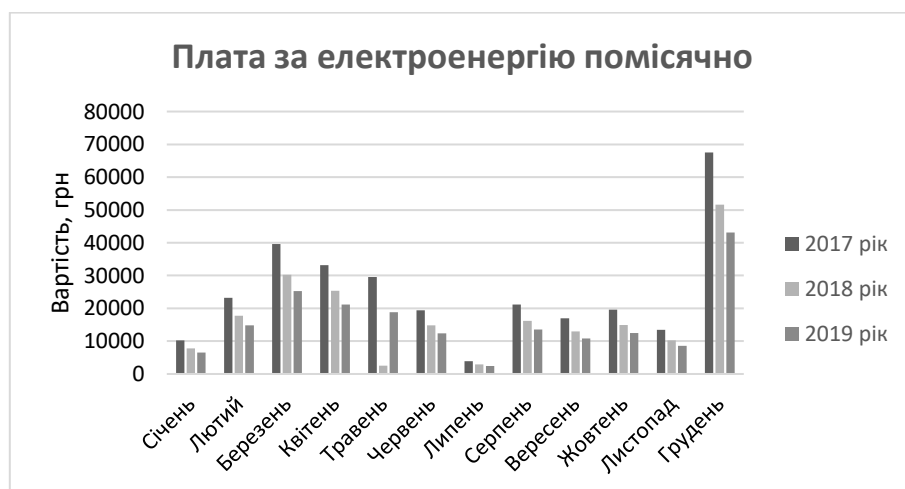


Рисунок 1.19 – Плата за електричну енергію помісячно за 2017 – 2019 роки

Профіль використання енергії

Таблиця 1.7 - Структура споживання і оплати енергоносіїв

2017 рік				
Енергоресурс	Електроенергія	Холодна вода	Теплова енергія	Гаряча вода
Одиниці вимірювання	кВт·год			
Обсяг споживання	96437,000	25267,250	1537580,203	2117,000
%	5,805	1,521	92,547	0,127
Вартість за рік	297797,454	167650,000	297104,440	6537,000
%	38,721	21,799	38,631	0,850
2018 рік				
Енергоресурс	Електроенергія	Холодна вода	Теплова енергія	Гаряча вода
Одиниці вимірювання	кВт·год			
Обсяг споживання	73613,000	25267,250	1616325,770	2117,000
%	4,286	1,471	94,119	0,123
Вартість за рік	227316,944	167650,000	297104,440	6537,000
%	32,539	23,998	42,528	0,936
2019 рік				
Енергоресурс	Електроенергія	Холодна вода	Теплова енергія	Гаряча вода
Одиниці вимірювання	кВт·год			
Обсяг споживання	61562,000	22197,200	1317097,500	2117,000
%	4,388	1,582	93,879	0,151
Вартість за рік	190103,455	147280,000	297104,440	6537,000
%	29,656	22,976	46,348	1,020

Структура витрат дозволяє визначити частку споживання кожного з енергетичних ресурсів, що потім допомагає визначити які заходи з енергозбереження слід впроваджувати першими. Для коректної оцінки частки споживаної енергії необхідно привести електричну та теплову енергію,

холодну воду до спільних одиниць виміру - кВт·год.

Споживання енергоносіїв у натуральних одиницях у вигляді кругових діаграм показано на рисунках 1.20 – 1.22.

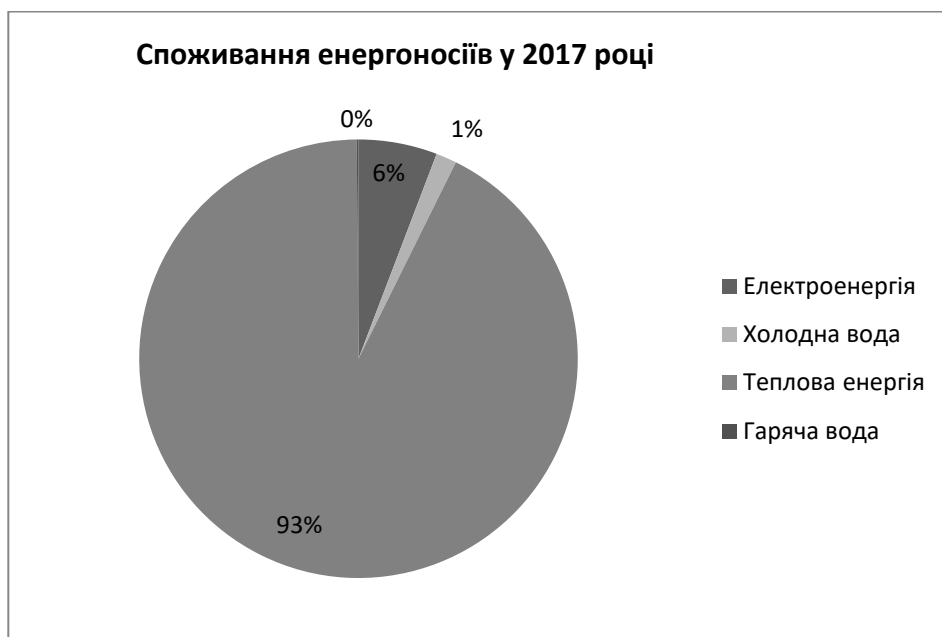


Рисунок 1.20 – Діаграма споживання енергоносіїв у 2017 році

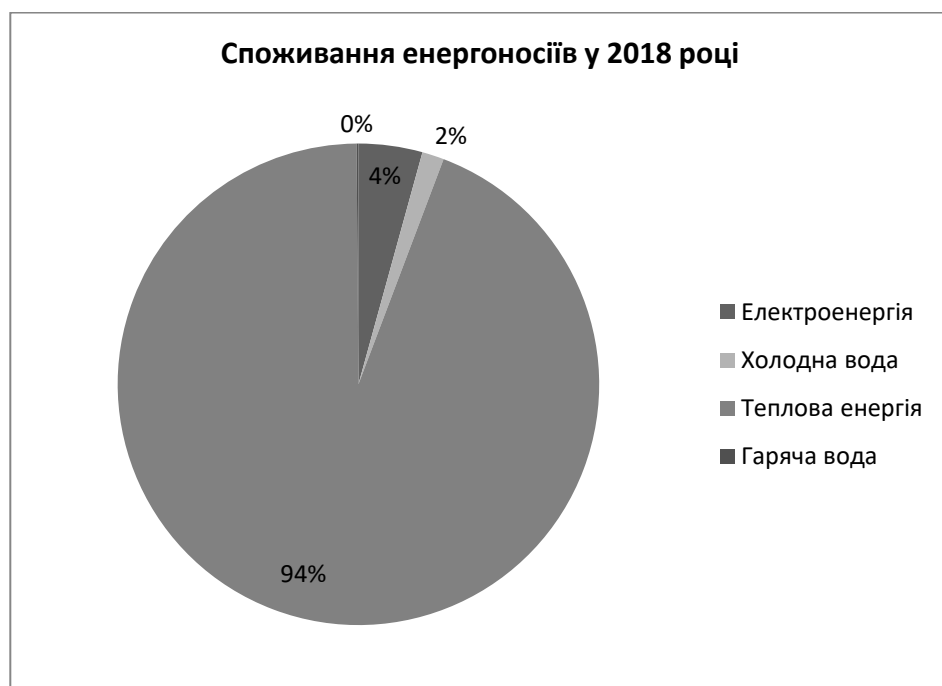


Рисунок 1.21 – Діаграма споживання енергоносіїв у 2018 році

Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата

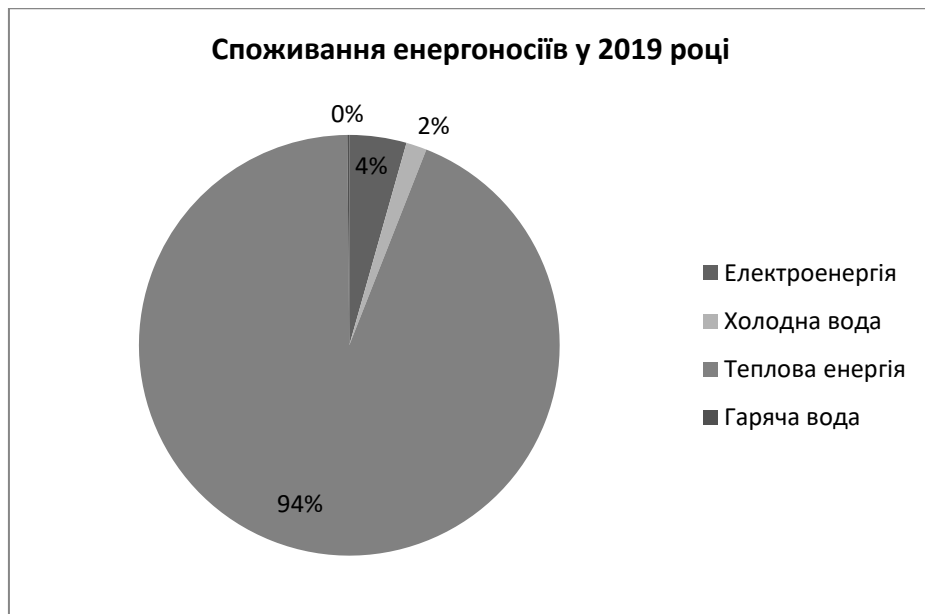


Рисунок 1.22 – Діаграма споживання енергоносіїв у 2019 році

З діаграм помітно, що споживання енергоносіїв приблизно на одному рівні за три роки, тільки у 2017 році споживається на 2 % більше електроенергії у порівнянні з 2018 та 2019 роками.

2.3 Існуючі тарифи на енергоносії

За використані енергоносії (електроенергія, холодна вода та телова енергія) навчальний заклад розплачується за показниками лічильників та з розрахунку на одиницю площі приміщення.

За використані енергоносії корпусу розраховується з такими організаціями:

1. Житомиробленерго (за показниками лічильника) – електроенергія;
2. КП Житомирводоканал (за показниками лічильників) – холодна вода;
3. КП Житомиртеплокомуненерго (за показниками лічильника) – теплова енергія.

Діючі тарифи на енергоресурси наведені у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Діючі тарифи на енергоресурси

ТАРИФИ				
			Результуючий	
Опалення	1301	грн/Гкал	1,1	грн/кВт*год
ГВП	3,088	грн/кВт*год	3,09	грн/кВт*год
Електроенергія	3,088	грн/кВт*год	3,088	грн/кВт*год
Холодна вода	70	грн/м ³	70	грн/м ³

Висновки до розділу 1

Було проведено аналіз щодо споживання енергоносіїв за 2017 – 2019 роки і можна зробити висновок, що кожного року об'єм ресурсів майже не змінювався. Аналіз споживання ресурсів допомагає виявляти слабкі сторони будівлі та показує, де можна впровадити заходи з енергетичної ефективності та тим самим зменшити споживання електроенергії.

Ефективне енергоспоживання в навчальному закладі приносить переваги такі як заощадження ресурсів та енергії.

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

2.1 Схема живлення об'єкта та її аналіз

Схема живлення навчально-виховного комплексу є однолінійною (рис. 2.1). Електропостачання ліцею здійснюється від трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ - ТП-72, номінальна потужність якої становить: $S_H = 1000$ кВА.

Трансформаторна підстанція розташована на відстані 200 м від навчального закладу. Подачу електричної енергії на шини розподільчого пункту об'єкту організовано за допомогою двох кабелів ААБл 3×70+1×35 мм².

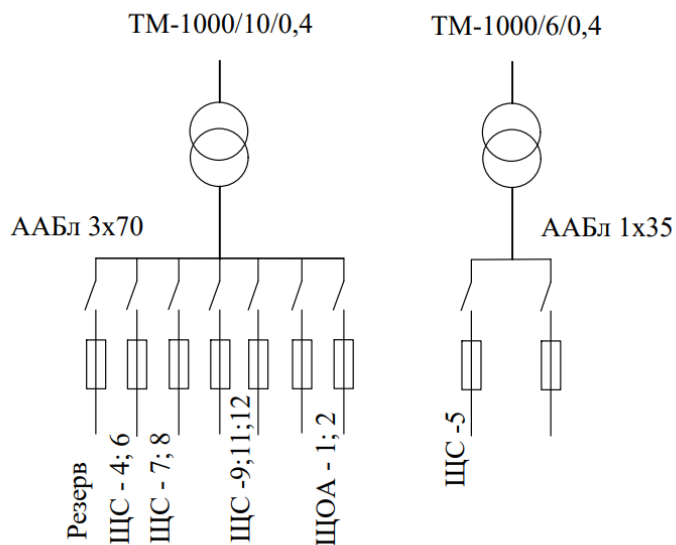


Рисунок 2.1 – Однолінійна схема електропостачання навчально-виховного комплексу

НТУУ 001.9105.048 ПЗ				
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Головко Д. С.			
Перевір.	Дерев'яно Д. Г..			
Реценз.				
Н. Контр.	Черкашина Г. І.			
Затвер.				
Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті				
Літ		Аркуш	Аркушів	
		30	101	
НН ІЕЕ, кафедра ЕП, гр. ОН-91				

2.1.1 Характеристика трансформаторної підстанції

У трансформаторній підстанції знаходяться 2 трансформатори ТМ(Г)-1000/10(6)/0,4.

Трансформатор ТМ-1000/10/0,4 ТМ-1000/6/0,4, 35 кВ, 10 кВ або 6 кВ силовий трифазний двообмотковий понижувальний масляний загального призначення потужністю 1000 кВА напругою 6кВ і 10кВ

Трансформатори масляні серій ТМ-1000/10/0,4 ТМ-1000/6/0,4 призначені для роботи в електромережах напругою 6 або 10кВ 35 кВ у відкритих електроустановках в умовах помірного клімату для зниження високої напруги електромережі живлення до встановленого рівня споживання.

Трансформатор поміщений у бак з маслом для охолодження та запобігання руйнуванню обмоток трансформатора від зовнішнього середовища.

Температурні зміни обсягу масла в трансформаторах ТМ компенсуються маслорозширювачем з вбудованим осушувачем повітря, що запобігає попаданню в трансформатор вологи і промислових забруднень, що надходять з повітрям при температурних коливаннях рівня масла.

Основні експлуатаційні характеристики ТМ-1000

- Гарантований термін експлуатації трансформатора ТМ-1000 – 3 роки від дня введення трансформатора в експлуатацію.
- Встановлений напрацювання на відмову – не менше 100000 год.
- Повний термін служби ТМ-1000 – не менше 30 років.
- Частота мережі живлення – 50 Гц.
- Напруга за ВН – 6; 6,3; 10; 10,5; 27,5; 35 кВ.
- Напруга на боці ПН – 0,4; 0,23 та 0,69 кВ.

Структура умовного позначення трансформатора ТМ - X/10 У (ХЛ) 1:

- Т - трансформатор трифазний;
- М - охолодження масляне з природною циркуляцією повітря та олії;

										НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
											31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

- X - номінальна потужність, кВА;
- 10 - клас напруги обмотки ВН, кВА,
- У (ХЛ) 1 - кліматичне виконання та категорія розміщення за ГОСТ 15150-69.

Склад та пристрій трансформатора ТМ-1000

Трансформатор ТМ-1000 складається з: бака з радіаторами, кришки бака, розширювального бачка та активної частини.

Бак забезпечений пробкою для взяття проби оливи та пластиною для заземлення трансформатора. Зовнішня поверхня бака пофарбована атмосферостійкими сірими, світло-сірими або темно-сірими фарбами (можлива зміна тону забарвлення). Усі ущільнення трансформатора виконані з маслостійкої гуми.

Бак трансформатора складається зі стінок, які виконані із сталевого листа завтовшки від 2,5 мм до 4 мм. (залежно від потужності трансформатора), верхньої рами, радіаторів, петель для підйому трансформатора, дна з опорними лапами (швелерами). [1]

На кришці трансформаторів ТМ та ТМГ встановлені: вводи ВН та ПН, привід перемикача, петлі для підйому трансформатора, запобіжний клапан (на трансформаторах типу ТМГ і ТМГФ), мембранно-запобіжний пристрій, мановакуумметр.

Розширювальний бачок використовується для компенсування змін об'єму оливи, що залежить від зовнішніх факторів.

Бачок забезпечений: мітками min та max рівня олії в трансформаторі горловиною для доливання олії.

Контрольно-вимірювальні прилади та сигнальна апаратура трансформатора ТМ-1000

Рівень олії в трансформаторах контролюється візуально за вказівником рівня олії, який розташований:

- на стінці маслорозширювача у трансформаторів типу ТМ та ТМФ;
- на стінці бака у трансформаторів ТМГ та ТМГФ.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За наявності термовузла додатково здійснюється контроль температури верхніх шарів олії у баку трансформатора спиртовим термометром.

Регулювання напруги здійснюється в діапазоні до $\pm 5\%$ повністю відключеному трансформаторі перемиканням відгалужень обмотки ВН ступенями по 2,5%.

Будівля підстанції перебуває в справному стані, без зовнішніх пошкоджень. Зображення трансформатора наведено на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд ТМ(Г)-1000/10/0,4

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики ТМ(Г)-1000/10/0,4

Параметр	Характеристика
Маса, кг.	4200
Висока напруга, кВ.	10
Низька напруга, кВ.	0,4
Номінальна повна потужність, кВА.	1000
Втрати холостого ходу, Вт.	1900
Втрати короткого замикання, Вт.	10800
Напруга короткого замикання, %	4,5

2.2 Схема внутрішнього електропостачання об'єкту

Всі споживачі електричної енергії в корпусі поділяються на такі групи:

- офісне обладнання;

Таблиця 2.2 – Енергетичні характеристики системи освітлення

Освітлювальні прилади	Потужн. ламп (Вт)	К-сть ламп. (шт)	Всього (кВт)	Тип управління
Люмінесцентні	18	792	22,77	Ручне
Світлодіодні	10	655	5,76	Ручне
Розжарювання	6	430	28,53	Ручне
Розжарювання	15	51	34,29	Ручне

Таблиця 2.3 – Додаткові споживачі електричної енергії

Група	Обладнання	Потужність одиниці обладнання, кВт	Кількість обладнання, од.
Офісне обладнання	Комп'ютер	0,45	51
	Ноутбук	0,05	62
	Телевізор	0,5	27
	Принтер	0,5	20
	Проектор	0,225	3
Побутове обладнання	Холодильна шафа	0,4	2
	Морозильна камера	2	1
	Посудомийна машина	4,1	1
	Плита електрична	9,5	1
	Плита електрична	8	1
	Плита електрична	8,2	1
	Електромясорубка	0,6	1
	Електрична сковорідка	0,2	1
	Машина для нарізання овочів	0,5	1
Пекарська шафа	5	1	

Найбільш енергоємне обладнання встановлено в харчоблоці, але під час канікул їдальня не працює, так як відсутнє навчання відповідно і учнів.

2.3 Розрахунок електричного балансу

1. Розраховуємо сумарну номінальну потужність однотипного навантаження за формулою:

$$P_{\Sigma} = P_n n, \quad (2.1)$$

де n – кількість однотипних електроприймачів, шт;

P_n – номінальна потужність електроприймачів, кВт.

Підставивши значення отримаємо:

$$P_{\Sigma 1} = 0,45 \cdot 51 = 22,95 \text{ кВт},$$

$$P_{\Sigma 2} = 0,05 \cdot 62 = 3,1 \text{ кВт},$$

$$P_{\Sigma 3} = 0,225 \cdot 3 = 0,675 \text{ кВт},$$

$$P_{\Sigma 4} = 0,5 \cdot 27 = 13,5 \text{ кВт},$$

$$P_{\Sigma 5} = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ кВт}.$$

2. Сумарна номінальна потужність лінії буде дорівнювати сумі номінальних потужностей кожного споживача, кВт:

$$P_n = 22,95 + 3,1 + 0,675 + 13,5 + 10 = 50,225 \text{ кВт}.$$

3. Проміжна активна потужність визначається за формулою, кВт:

$$P_{\pi i} = P_{\Sigma i} \cdot K_{vi} \quad (2.2)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$P_{\pi 1} = 22,95 \cdot 0,06 = 1,377 \text{ кВт},$$

$$P_{\pi 2} = 3,1 \cdot 0,06 = 0,186 \text{ кВт},$$

$$P_{\pi 3} = 0,675 \cdot 0,09 = 0,061 \text{ кВт},$$

$$P_{\pi 4} = 13,5 \cdot 0,03 = 0,405 \text{ кВт},$$

$$P_{\pi 5} = 10 \cdot 0,012 = 0,12 \text{ кВт}.$$

4. Проміжна сумарна активна потужність, кВт:

$$P_{\pi} = 2,15 \text{ кВт}.$$

5. Проміжну реактивну потужність знаходимо за формулою 2.3, квар:

$$Q_{\pi i} = P_{\pi i} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i \quad (2.3)$$

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши значення отримаємо:

$$Q_{п1} = 1,377 \cdot 0,75 = 1,03 \text{ квар,}$$

$$Q_{п2} = 0,186 \cdot 1,02 = 0,19 \text{ квар,}$$

$$Q_{п3} = 0,061 \cdot 0,48 = 0,03 \text{ квар,}$$

$$Q_{п4} = 0,405 \cdot 0,48 = 0,2 \text{ квар,}$$

$$Q_{п5} = 0,12 \cdot 0,75 = 0,1 \text{ квар.}$$

6. Серед усіх споживачів СПІ шукаємо споживач з максимальними та мінімальними потужностями:

$$P_{нmax} = 0,5 \text{ кВт,}$$

$$P_{нmin} = 0,05 \text{ кВт.}$$

7. Знаходимо ефективне число споживачів за формулою 2.4:

$$m = \frac{P_{нmax}}{P_{нmin}} = \frac{0,5}{0,05} = 10 \geq 3. \quad (2.4)$$

Оскільки $n > 10$, то формула для ефективного числа споживачів буде мати наступний вигляд:

$$n_{p.e} = \frac{2 \sum P_n}{p_{нmax}} = \frac{2 \cdot 50,225}{0,5} = 201.$$

Так як $m = \frac{P_{нmax}}{P_{нmin}} > 3$ та $n_{p.e} < n$, тоді $n_e = n_{p.e} = 201$.

8. Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{\sum P_n}{\sum P_{н\Sigma}} = \frac{2,15}{50,225} = 0,04. \quad (2.5)$$

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Таблиця 2.4 – Значення коефіцієнтів розрахункового навантаження K_p для шин НН цехових трансформаторів і магістральних шинопроводів напругою до 1 кВ.

n_e	Коефіцієнт використання K_e							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 і більше
1	8	5,33	4	2,67	2	1,6	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,2	1	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9-10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10-25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25-50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,85	0,85
Більше 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8

9. Розрахункове активне навантаження визначається за формулою 2.6, кВт:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^5 P_{pi}, \quad (2.6)$$

$$P_p = 0,65 \cdot 2,15 = 1,4 \text{ кВт.}$$

10. Розрахункове реактивне навантаження обчислюємо за формулою 2.7, квар:

$$Q_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^{10} Q_{pi}, \quad (2.7)$$

$$Q_p = 0,65 \cdot 1,54 = 1 \text{ квар.}$$

11. Розрахункове повне навантаження визначається за формулою за 2.8, кВА:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.8)$$

$$S_p = \sqrt{1,4^2 + 1^2} = 1,73 \text{ кВА.}$$

Аналогічним чином розраховуємо навантаження інших споживачів та заносимо розрахунки до таблиці 2.5.

Отже, з урахуванням того, що навчально-виховний комплекс працює не весь рік та наявні святкові дні, балансове річне споживання електроенергії складе, кВт·год/рік:

$$W_6 = P_p^{ТП} \cdot \tau, \quad (2.9)$$

де $P_p^{ТП}$ – навантаження на шинах 0,4 кВ, кВт;
 τ – час роботи НВК, год.

$$W_6 = 6,71 \cdot 300 \cdot 24 = 48283,8 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{рік}}$$

Тобто небаланс складає, %:

$$\delta_W = \frac{|W_\phi^e - W_6|}{W_\phi^e} \cdot 100 = \frac{|61562 - 48283,8|}{61562} \cdot 100 = 22 \%$$

Таблиця 2.5 - Навантаження на СП1, СП2, СП3

Об'єкт обліку	Початкові дані										Проміжні потужності			Розрахункові потужності				Розрах. струм I _p , А	
	За умовою					Довідникові					P _р , кВт	Q _р , квар	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВ·А				
	Найменування ЕП	п. од	рні	РнΣ	рн.і.мах	рн.і.мін	кв	Кв	cosφ	tgφ									
Комп'ютер	51	0,45	22,95				0,06	0,8	0,75	1,38	1,03								
Ноутбук	62	0,05	3,1				0,06	0,7	1,02	0,19	0,19								
Проектор	3	0,225	0,675				0,09	0,9	0,48	0,06	0,03								
Телевізор	27	0,5	13,5				0,03	0,9	0,48	0,41	0,20								
Принтер	20	0,5	10				0,012	0,8	0,75	0,12	0,09								
СП1	163		50,225	0,5	0,05	10,00	0,04			2,15	1,54	200,90	200	0,650	1,40	1,00	1,72	2,61	
Морозильна камера	1	2	2				0,5	0,75	0,88	1,00	0,88								
Холодильна шафа	2	0,4	0,8				0,5	0,75	0,88	0,40	0,35								
Посудомийна машина	1	4,1	4,1				0,024	0,89	0,51	0,10	0,05								
Плита електрична	1	9,5	9,5				0,06	0,99	0,14	0,57	0,08								
Плита електрична	1	8	8				0,06	0,99	0,14	0,48	0,07								
Плита електрична	1	8,2	8,2				0,06	0,99	0,14	0,49	0,07								
Електромясорубка	1	0,6	0,6				0,003	0,9	0,48	0,00	0,00								
Електрична скоровідка	1	0,2	0,2				0,018	0,99	0,14	0,00	0,00								
Машина для нарізання овочів	1	0,5	0,5				0,001	0,85	0,62	0,00	0,00								
Пекарська шафа	1	5	5				0,03	0,99	0,14	0,15	0,02								
СП2	11		38,9	9,5	0,2	47,50	0,08			3,20	1,53	8,19	8	1,200	3,84	1,83	4,25	6,46	
Люмінесцентні	1265	0,018	22,77				0,06	0,95	0,33	1,37	0,45								
Світлодіодні	576	0,01	5,76				0,06	0,95	0,33	0,35	0,11								
Розжарювання	430	0,06	28,53				0,03	0,95	0,33	0,86	0,28								
Розжарювання	51	0,15	34,29				0,03	0,95	0,33	1,03	0,34								
СП3	2322		91,35	0,15	0,01	15,00	0,04			3,60	1,18	1218,00	1218,00	0,65	2,34	0,77	2,46	3,74	
СП1+ СП2+ СП3 на шинах 0,4 кВ ТП4	2496		180,475	9,5	0,01	950,00	0,05			8,94	4,25	37,99	37,00	0,75	6,71	3,19	7,42	11,28	

2.4 Розрахунок основних складових для побудови балансу споживання електричної енергії об'єкту

Баланс споживання електричної енергії відображає взаємозв'язок між виробництвом та споживанням електроенергії. В ідеальному випадку, споживання електричної енергії повинно бути збалансованим з її виробництвом, щоб уникнути перевантаження або недостачі електроенергії в електричній системі.

Для побудови балансу споживання електричної енергії зведемо необхідні дані в одну таблицю 2.6.

																				Арк.	
																					39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата																	

Таблиця 2.6 – Основні складові для побудови балансу

Споживач	К-ть, шт.	Потужність, кВт	Коефіцієнт використання	Тривалість роботи, год/рік	Річне споживання, кВт·год
Освітлення	2322	55,1	0,05	7200	18063
Харчоблок	11	38,9	0,08	7200	8630,01
Офісне обладнання	163	50,225	0,04	7200	15471
Загалом	2496	180,48			42164,01



Рисунок 2.4 – Результат розрахунку балансу споживання електричної енергії (кругова діаграма)

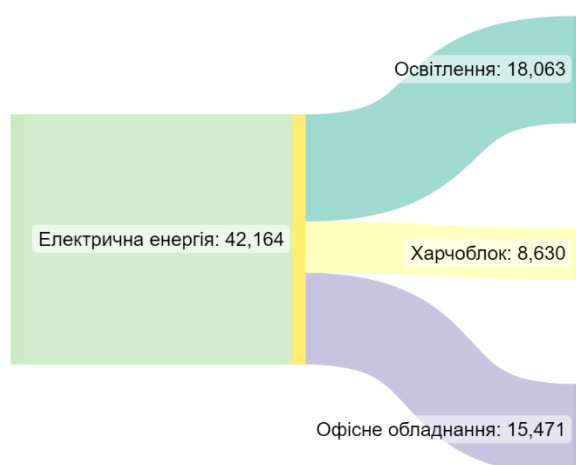


Рисунок 2.5 – Результат розрахунку балансу споживання електричної енергії (діаграма Санкея)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

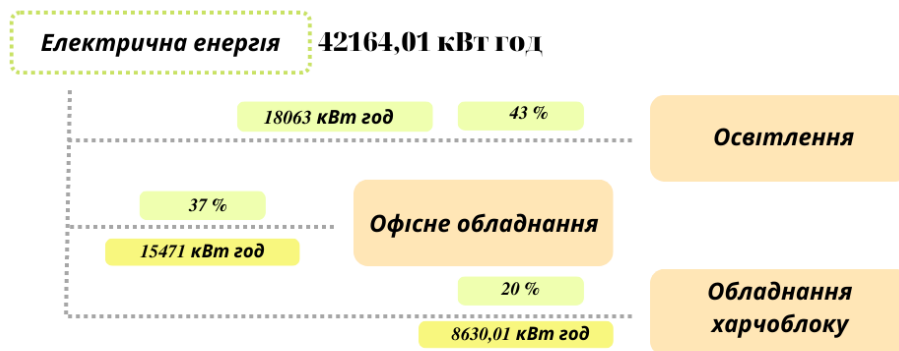


Рисунок 2.6 – Результат розрахунку балансу споживання електричної енергії (балансова діаграма)

2.5 Розрахунок заходів з енергозбереження системи електропостачання

Розрахунок заходу №1

В корпусі нараховується 430 ламп розжарювання потужністю 60 Вт та 51 лампа потужністю 200 Вт. Система освітлення є одним з найбільш енергоємних споживачів електричної енергії ліцею. Тому захід по заміні приладів освітлення є одним з найбільш доцільних так як дозволить зекономити значну кількість електричної енергії, тариф на яку, з огляду на майбутнє, буде наближатися до європейського рівня.



Рисунок 2.7 – Система освітлення

Ще варто зауважити, що у будівлі наявна велика кількість люмінесцентних ламп, які є не досить зручними в експлуатації та можуть бути замінені по багатьом причинам:

- 1) Світлодіодні лампи можуть забезпечити таку саму яскравість при значно нижчому споживанні електроенергії.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Світлодіодні лампи мають значно більшу тривалість служби, ніж люмінесцентні. Вони здатні працювати близько 25000 годин, у порівнянні з близько 10000 годинами для більшості люмінесцентних ламп.

3) Світлодіодні лампи не містять ртуті порівняно з люмінесцентними, що робить їх більш екологічно безпечними. Крім того, вони можуть бути піддані переробці через спеціальні програми з утилізації електронних відходів, що дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля.

4) Світлодіодні лампи забезпечують кращий контроль яскравості та кольору світла. Вони можуть бути налаштовані для створення різних відтінків світла, включаючи тепле, холодне або нейтральне світло, що робить їх більш універсальними для різних приміщень та ситуацій.

Саме тому в роботі запропоновано замінити люмінесцентні лампи на світлодіодні без заміни світильників.

Після дослідження асортименту ламп обох типів було сформовано три пропозиції:

1) замінити лампи розжарювання потужністю 60 Вт на HOROZ PREMIER-10 ціною 49 грн/шт та світловим потоком 1400 лм;

2) замінити лампи розжарювання потужністю 200 Вт на Євросвітло VIS-25-E27 ціною 188 грн/шт та світловим потоком 2500 лм;

3) замінити лампи Philips TL-D 18W/54 на Philips Ecofit LEDtube 600mm 8W 840 T8 RCA I з ціною 52,62 грн та світловим потоком 800 лм;

Розрахуємо річну економію електроенергії за наступною формулою, кВт·год/рік:

$$\Delta W_p = (P_1 - P_2) \cdot N \cdot K_v \cdot T_p, \quad (2.10)$$

де N – кількість світильників, од.;

P_1 – потужність старих світильник, кВт;

P_2 – потужність нових світильників, кВт;

N – кількість світильників, од.;

K_v – коефіцієнт використання світильників;

T_p – години роботи системи електропостачання в рік, год/рік.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$\Delta W_{p1} = (0,06 - 0,01) \cdot 430 \cdot 0,03 \cdot 7200 = 4644 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}},$$

$$\Delta W_{p2} = (0,2 - 0,025) \cdot 51 \cdot 0,03 \cdot 7200 = 1927 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}},$$

$$\Delta W_{p3} = (0,018 - 0,008) \cdot 1265 \cdot 0,06 \cdot 7200 = 5465 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Витрати на придбання нових ламп складатимуть, грн:

$$V_{\Pi} = N_1 \cdot p_1 + N_2 \cdot p_2 + N_3 \cdot p_3, \quad (2.11)$$

де p_1 – ціна лампи першої пропозиції, грн;

p_2 – ціна лампи другої пропозиції, грн;

p_3 – ціна лампи другої пропозиції, грн.

$$V_{\Pi} = 430 \cdot 49 + 51 \cdot 188 + 1265 \cdot 52 = 96438 \text{ грн.}$$

Старі люмінесцентні лампи потрібно утилізувати, тому присутні ще супутні витрати, грн:

$$V_y = N_3 \cdot p_y, \quad (2.12)$$

де p_y – ціна на утилізацію лампи, за експертною оцінкою – 6 грн/шт.;

$$V_y = 1265 \cdot 6 = 7590 \text{ грн.}$$

Річна економія електричної енергії від заміни ламп, кВт·год/рік:

$$\Delta W_{\text{л}} = \Delta W_{p1} + \Delta W_{p2} + \Delta W_{p3},$$

$$\Delta W_{\text{л}} = 4644 + 1927 + 5465 = 12036 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Що в грошовому еквіваленті при діючому тарифі на електричну енергію дорівнюватиме, грн:

$$E_8 = \Delta W_{\text{л}} \cdot P_e = 12036 \cdot 3,088 = 37167,2 \frac{\text{грн}}{\text{рік}},$$

де P_e – тариф на електроенергію – 3,088 грн/кВт·год

Проведемо розрахунок рентабельності даного заходу.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 – Вихідні дані для розрахунку рентабельності заходу

Час життя проекту, рік	Капітальні витрати, грн	Щорічні експлуатаційні витрати, грн	Щорічна економія, грн/рік	Ставка дисконту, %
5	104028	0	37167,17	17 %

Таблиця 2.8– Результати рентабельності

Рік	Капітальні витрати, тис.грн	Щорічні експлуатаційні витрати, тис.грн	Вигоди, тис.грн/рік	CF, тис.грн/рік	Кумулятивний CF, тис.грн/рік	k_t	NPV, тис.грн/рік	Кумулятивний дисконтований CF, тис.грн/рік
0	104028	0	0	-104028	-104028	1	-104028	-104028
1	0	0	37167,168	37167,168	-66860,832	0,854700855	31766,81026	-72261,18974
2	0	0	37167,168	37167,168	-29693,664	0,730513551	27151,11988	-45110,06987
3	0	0	37167,168	37167,168	7473,504	0,624370556	23206,08537	-21903,9845
4	0	0	37167,168	37167,168	44640,672	0,533650048	19834,261	-2069,723505
5	0	0	37167,168	37167,168	81807,84	0,456111152	16952,35983	14882,63632
							NPV _{проекту}	14882,636

Простий термін окупності складає, років:

$$T = \frac{96\,438 + 7\,590}{37167,2} = 2,8 \text{ роки.}$$

Висновки до розділу 2

Отже, навчально-виховний комплекс має однолінійну схему електропостачання, яке здійснюється від трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ - ТП-72, номінальна потужність якої становить: $S_H = 1000$ кВА.

Було проведено аналіз щодо споживання електричної енергії основними споживачами та побудовано баланс у вигляді кругової, балансової та діаграми Санкея.

У ході роботи було визначено доцільність впровадження заходу щодо заміни старих ламп розжарювання та люмінесцентних на більш економічні. Термін окупності заходу складає 2,8 роки, а чиста приведена вартість більша нуля тому можна зробити висновок, що захід є рентабельним.

									Арк.
									44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НТУУ 001.9105.048 ПЗ				

3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергетичної ефективності в будівлях

Україна свій шлях до енергоефективності почала не так вже й давно, тому нормативна база тільки починає набирати оберти у розробці та поступово впроваджуватись. З 2015 року в країні реалізуються енергосервісні контракти у бюджетних установах, об'єктах державної та комунальної форми власності. Метою таких договорів є забезпечення якісного функціонального енергетичного сервісу для залучення приватних інвестицій в енергоефективність. Таким чином було запроваджено адміністративний вплив на мотивацію укладення договорів та покращення енергоефективності будівель.

Згідно з новими нормами усі планувальні та технологічні рішення повинні забезпечувати оптимальний рівень енерговитрат при будівництві та експлуатації. Системи теплопостачання мають бути облаштовані пристроями для автоматичного регулювання теплової потужності. А огорожувальні конструкції повинні проектуватися з теплозахисними властивостями, які забезпечують питоме споживання теплової енергії, що використовується на теплопостачання, забезпечення мікроклімату. [2]

Згідно статті 6 Закону України “Про енергетичну ефективність будівель” клас енергетичної ефективності будівель, що приймаються в експлуатацію, має бути не нижчим за чинні на дату початку виконання будівельних робіт мінімальні вимоги з енергетичної ефективності. [3]

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Головко Д. С.			Визначення рівня енергетичної ефективності будівлі та заходів її підвищення	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Шовкалюк М. М.					45	101
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП, гр. ОН-91		
Н. Контр.		Черкашина Г. І.						
Затвер.								

3.2 Визначення теплового навантаження будівлі

Житомирський навчально-виховний комплекс знаходиться в I температурній зоні. Конструкції зовнішніх стін будівлі не відповідають діючим стандартам спираючись на опір теплопередачі.

З метою підвищення комфорту присутніх та зменшення теплових втрат пропонується виконати утеплення будівлі. Вікна будівлі переважно металопластикові, частково двокамерні та частково однокамерні характеристики яких не відповідають діючим мінімальним вимогам. Двері металеві, дерев'яні та металопластикові. Покрівля над частиною будівлі пласка, рулонна з рубероїду по утеплювачу, над рештою будівлі скатна, покриття з азбестоцементних листів та металочерепиці, мають місце протікання. Дерев'яне перекриття горища над частиною будівлі в поганому стані і потребує заміни. Під частиною будівлі розташований неопалювальний підвал. Розраховуємо опір теплопередачі та коефіцієнт теплопередачі через огорожувальні конструкції.

Характеристика зовнішніх огорожувальних конструкцій (стіни)

Склад зовнішніх стін будівлі:

- W_1 : кладка цегляна з повнотілої силікатної цегли на цементно-піщаному розчині $\lambda = 0,87 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ з товщиною $\delta = 0,51$ м;
- розчин вапняно-піщаний з $\lambda = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ з товщиною $\delta = 0,02$ м;
- W_2 : кладка цегляна з повнотілої керамічної цегли на цементно-піщаному розчині з $\lambda = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ з товщиною $\delta = 0,51$ м.

Опір теплопередачі стіни визначаємо за формулою для термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^k \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} \quad (3.1)$$

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $[\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})]$;

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

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

δ_i – товщина i -го шару конструкції, [м];

λ_i – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, [Вт/(м·К)];

k – кількість шарів огорожувальної конструкції.

Знаходимо опір теплопередачі стіни W_1 :

$$R_{стW1} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,77 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни W_1 :

$$K_i = \frac{1}{R_i}, \quad (3.2)$$

де R_i – опір теплопередачі i -ого огороження, [м²·К/Вт].

Отже, підставляємо в формулу 3.2, тоді

$$K_{W1} = \frac{1}{0,77} = 1,30 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Обчислюємо опір теплопередачі стіни W_2 :

$$R_{стW2} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,81 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни W_2 розраховуємо аналогічно:

$$K_{W2} = \frac{1}{0,81} = 1,23 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Згідно нормативного значення для зовнішніх стінових огорожувальних конструкцій [4] значення термічного опору не відповідає мінімальному допустимому значенню приведенного опору теплопередачі:

$$R_{qmin} = 4,00 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}, \quad R_{qmin} \geq R_{ст}.$$

Тому необхідно провести захід щодо утеплення зовнішніх стін. При візуальному огляді стін виявлено замокання, висоли, корозійні пошкодження. Зовнішні стіни відображені на рисунку 3.1.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		



Рисунок 3.1 – Зовнішні стіни W_1 та W_2

Таблиця 3.1 – Характеристика непрозорих огорожувальних конструкцій

Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій, м ²	11 294
Загальна площа непрозорих конструкцій, м ²	5 367
Загальна площа фасадів, яка потребує утеплення, м ²	5 862*
Приведений опір теплопередачі, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	1,27

Примітка* - утеплення з урахуванням відкосів на вікнах.

Характеристика віконних конструкцій

Таблиця 3.2 – Характеристика віконних конструкцій

Загальна площа СК, м ²	1157,4
Загальна кількість вікон, шт	467
Тип матеріалу	МП, Д
Тип скління	4і-10-4-10-4, 4і-12-4, 4-16-4

Опір теплопередачі вікон 4і-10-4-10-4, 4-16-4 приймаємо як середньозважене $0,55 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$. Для дерев'яних вікон 4і-12-4: $0,38 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі для металопластикових вікон 4і-10-4-10-4, 4-16-4 знаходимо за формулою 3.2:

$$K_{B1} = \frac{1}{0,55} = 1,82 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Для дерев'яних вікон 4і-12-4:

$$K_{B2} = \frac{1}{0,38} = 2,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Зовнішній вигляд вікон показано на рисунку 3.2. Згідно нормативного значення для світлопрозорих огорожувальних конструкцій (І температурна зона) значення термічного опору відповідає мінімальному допустимому значенню приведенного опору теплопередачі [4]:

$$R_{qmin} = 0,90 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, R_{qmin} \leq R_B.$$



Рисунок 3.2 – Світлопрозорі огорожувальні конструкції

Характеристика зовнішніх дверей

Таблиця 3.3 – Характеристика дверей

Загальна площа СК, м ²	49
Загальна дверей, шт	12
Тип матеріалу	Д/М/МП

Сумарний термічний опір дверей обчислюємо за формулою 3.1:

$$R_{\text{ДВ.МП}} = 0,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_{\text{ДВ.Метал}} = 0,33 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_{\text{ДВ.Дерево}} = 0,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнти теплопередачі дверей знаходимо за формулою 3.2:

$$K_{\text{МП}} = \frac{1}{0,5} = 2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

$$K_{\text{Метал}} = \frac{1}{0,33} = 3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

$$K_{\text{Дерево}} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Згідно нормативного значення для І температурної зони мінімальне допустиме значення приведенного опору теплопередачі зовнішніх дверей [4]:

$$R_{qmin} = 0,70 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, R_{qmin} > R_{\text{ДВ}},$$

тоді бачимо, що значення термічного опору зовнішніх дверей не відповідає нормі і необхідний захід по заміні дверей. Зовнішній вигляд усіх типів дверей наведений на рисунках 3.3 – 3.5.



Рисунок 3.3 – Зовнішні дерев'яні двері



Рисунок 3.4 – Зовнішні металеві двері



Рисунок 3.5 – Зовнішні металопластикові двері

Характеристика підлоги

Таблиця 3.4 – Характеристика підлоги

Загальна площа перекриття, м ²	1081,9
Конструкція перекриття: - неопалювальний підвал (рис.3.6):	Плита перекриття над підвалом: лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові, гравій керамзитовий, розчин цементно-піщаний, залізобетон.
- над проїздами (рис. 3.7):	Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові, розчин цементно-піщаний, гравій керамзитовий, залізобетон.

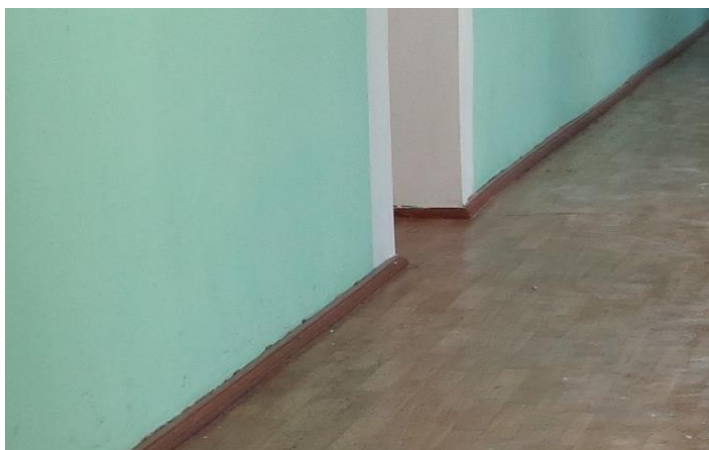


Рисунок 3.6 – Підлога



Рисунок 3.7 – Підлога над проїздами

Сумарний термічний опір підлоги та коефіцієнт теплопровідності визначаємо за формулами 3.1-3.2:

- неопалювальний підвал:

$$R_{п1} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,33} + \frac{0,05}{0,2} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{6} = 0,71 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

$$K_{п1} = \frac{1}{0,71} = 1,41 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Згідно нормативного значення для над неопалювальним підвалом (I температурна зона) значення термічного опору не відповідає мінімальному допустимому значенню приведенного опору теплопередачі [4]:

$$R_{qmin} = 5,00 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, R_{qmin} > R_{п1}.$$

- над проїздами:

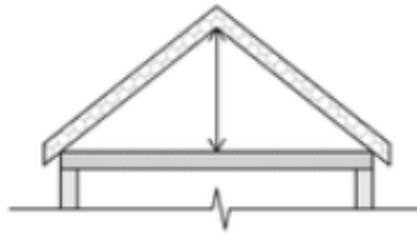


Рисунок 3.8 – Неопалювальне горіще 1

Опір теплопередачі покрівлі обчислюємо за формулою 3.1:

$$R_{\text{Покр2}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,18} + \frac{1}{6} = 1,67 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі покрівлі:

$$K_{\text{Покр2}} = \frac{1}{1,67} = 0,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Згідно нормативного значення термічний опір не відповідає мінімальному допустимому значенню приведенного опору теплопередачі [4]:

$$R_{qmin} = 6,00 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, R_{qmin} > R_{\text{Покр2}}.$$

2) Неопалювальне горіще 2 (рисунок 3.9):

Площа: 2908 м².

Матеріали: розчин цементно-піщаний, залізобетон, гравій керамзитовий, розчин цементно-піщаний, гравій керамзитовий.

Опір теплопередачі покрівлі обчислюємо за формулою 3.1:

$$R_{\text{Покр3}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,14}{0,14} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,03}{0,14} + \frac{1}{6} = 1,66 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі покрівлі:

$$K_{\text{Покр3}} = \frac{1}{1,66} = 0,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Згідно нормативного значення термічний опір не відповідає мінімальному допустимому значенню приведенного опору теплопередачі:

$$R_{qmin} = 6,00 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, R_{qmin} > R_{\text{Покр3}}.$$

При візуальному огляді виявлено протікання покриття. Тип покриття наведений на рисунку 3.9.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

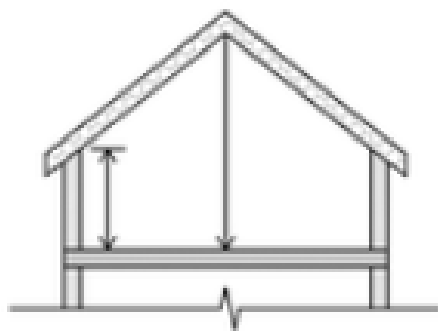


Рисунок 3.9 – Неопалювальне горище 2

Розраховані показники заносимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Теплове навантаження навчально-виховного комплексу

№	Найменування	Умовні позначення	Одиниця виміру	Значення
Вихідні дані				
1	Коефіцієнт теплопередачі стін	$K_{\text{стін}}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	1,30/1,23
2	Коефіцієнт теплопередачі вікон	$K_{\text{вікон}}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	1,82/2,6
3	Коефіцієнт теплопередачі покрівлі	$K_{\text{стелі}}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	0,68/0,6/0,6
4	Коефіцієнт теплопередачі дверей	$K_{\text{дверей}}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	2/3/2,5
5	Коефіцієнт теплопередачі підлоги	$K_{\text{підлоги}}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	1,41/0,97
6	Площа стін	$F_{\text{стін}}$	м ²	5367
7	Площа дверей	$F_{\text{дверей}}$	м ²	49
8	Площа вікон	$F_{\text{вікон}}$	м ²	1157
9	Площа підлоги	$F_{\text{підлоги}}$	м ²	3743
10	Площа стелі	$F_{\text{стелі}}$	м ²	3743
11	Загальна площа будівлі	$F_{\text{будівлі}}$	м ²	11294

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 3.5

12	Опалювальний об'єм будівлі	$V_{\text{опал}}$	м^3	31928
13	Висота будівлі	$H_{\text{буд}}$	м	13,9
14	Розрахункова температура опалювальних приміщень	$t_{\text{вн}}$	$^{\circ}\text{C}$	21,00
15	Температура зовнішнього повітря (м. Житомир)	$t_{\text{зовн}}$	$^{\circ}\text{C}$	-22,00
16	Температура теплоносія в подавальному трубопроводі	t_1	$^{\circ}\text{C}$	95,00
17	Температура теплоносія в зворотньому трубопроводі	t_2	$^{\circ}\text{C}$	70,00
Розрахунок				
1	Витрати тепла через огорожувальні конструкції	Q_a	Гкал/год	0,6
2	Тепло, що йде на нагрівання інфільтраційного повітря	$Q_{\text{б1}}$	Гкал/год	0,4
3	Сумарне теплове навантаження будівлі	$Q_{\text{сум}}$	Гкал/год	1
			МВт	1,163

Розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції

Тепловтрати через зовнішні огороження визначаються за формулою:

$$Q_0 = \sum (K_i \cdot F_i \cdot \Delta t_i) \cdot b_u (1 + \sum \beta) =$$

$$= \sum \left(\frac{1}{R_i} \cdot F_i \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) \right) \cdot b_u \cdot (1 + \sum \beta) \quad (3.3)$$

де K_i – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що розраховується за формулою 3.2;

F_i – площа i -ої огорожувальної конструкції, $[\text{м}^2]$;

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $[^{\circ}\text{C}]$,
 $t_{\text{вн}} = 21^{\circ}\text{C}$ (заклад освіти) ;

$t_{\text{р.о}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, $[^{\circ}\text{C}]$, $t_{\text{р.о}} = -22^{\circ}\text{C}$ (м. Житомир); [8]

b_u – поправочний коефіцієнт урахування зменшення розрахункової різниці температур між кондиціонованим та некондиціонованим об'ємом/зоною, для усіх інших огорожень $b_u=1$;

$\Sigma \beta$ - сумарні додаткові втрати теплоти в частках від основних тепловтрат, які враховуються для зовнішніх вертикальних огорожувальних конструкцій будівлі (стіни, двері і вікна), орієнтовані на:

- північ, схід, північний-схід і північний-захід – $\Sigma \beta = 0,1$;
- південний-схід і захід – $\Sigma \beta = 0,05$;
- для усіх інших огорожень $\Sigma \beta = 0$.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Втрати через огорожувальні конструкції до заходів, Вт

Огородження	Орієнтація	R, (м ² ·К)/Вт	F, м ²	Δt , °C	b _u	1+ $\Sigma \beta$	Q _o , Вт
ЗС ₁	Пн.	0,77	1283	43	1	1,1	78891,7
	Пд.		1323	43	1	1	73955,7
	Зх.		682	43	1	1,05	40029,0
	Сх.		777	43	1	1,1	47777,7
	Пд.Сх.		46	43	1	1,05	2699,97
ЗС ₂	Пн.	0,81	254	43	1	1,1	14777,5
	Пн.Сх.		5	43	1	1,1	290,9
	Пд.Сх.		284	43	1	1,05	15771,8
	Пд.		228	43	1	1	12058,9
	Пд.Зх.		116	43	1	1	6135,2
	Зх.		111	43	1	1,05	6164,33
ДВМетал	Пн.	0,33	3,1	43	1	1,1	439,89
	Пд.		6,3	43	1	1	812,7
	Пн.Зх.		4,4	43	1	1,1	624,36
ДВМП	Пд.	0,5	3,6	43	1	1	309,6
	Пн.		10,6	43	1	1,1	1002,76
ДВДерев	Пн.	0,4	5	43	1	1,1	591,25
	Пд.Сх.		7,2	43	1	1,05	812,7
	Пн.Зх.		4	43	1	1,1	473
	Зх.		4,8	43	1	1,05	541,8
ВМП	Пн.	0,55	388,1	43	1	1,1	33409,98
	Пд.		308,76	43	1	1	24163,56
	Пн.Зх.		64,2	43	1	1,1	5526,72
	Пд.Сх.		95,5	43	1	1,05	7847,52
	Сх.		245,7	43	1	1,1	21151,33
	Зх.		51,2	43	1	1,05	4207,26
Вд	Пд.	0,38	4	43	1	1	447,2

Продовження таблиці 3.6

Г	Суміщене	1,46	193	43	0,9		5115,82
	Неоп.1	1,67	642				14877,49
	Неоп.2	1,66	2908				67794,94
П	Неоп.	0,71	3114	43	0,3		56578,31
	Над проїзд.	1,04	996				12354,23
Разом							572645,3

Розрахунок витрат теплоти, що йде на нагрівання інфільтраційного повітря

Витрати теплоти на потреби природної інфільтрації для існуючих житлових та громадських будівель, що експлуатуються, визначаємо за формулою

$$Q_{\text{інф}} = 0,337 \cdot n_{\text{об}} \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}), \quad (3.4)$$

де $n_{\text{об}}$ – кратність повітрообміну для навчальних закладів, приймаємо

$$n_{\text{об}} = 1 \text{ год}^{-1};$$

V – кондиціонований (опалювальний) об'єм приміщень будівлі, [м³].

$$Q_{\text{інф}} = 0,337 \cdot 1 \cdot 31928 \cdot (21 - (-22)) = 462668,6 \text{ Вт.}$$

3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огороджувальних конструкцій

Захід №1 (Заміна існуючих дерев'яних вікон та дверей з низьким опором теплопередачі)

Ефективні огороджувальні конструкції допомагають в зменшенні витрат енергії, яка необхідна для опалення або охолодження приміщень. Вони забезпечують кращу теплоізоляцію і герметизацію, що допомагає утримувати тепло в будівлі взимку та захищати від перегрівання влітку. [5] Такі заходи дозволяють зменшити споживання енергії і витрати на опалення, кондиціонування повітря.

Роботи в навчальному закладі по встановленню існуючих металопластикових вікон виконані не повністю, так як в місцях з'єднання віконних рам зі стінами із зовнішнього боку відсутнє шпаклювання, а є

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наявною тільки монтажна піна, яка руйнується під дією сонячних променів і це призводить тільки до збільшення тепловтрат. Окрім дерев'яних вікон в незадовільному стані знаходяться двері, які потребують заміни через низькі показники енергоефективності.

Пропонується замінити всього 4 м² дерев'яних вікон та 34,8 м² зовнішніх дерев'яних і металевих дверей на більш енергоефективні. Пропонується замінити старі вікна на нові металопластикові WHS 72 (рис.3.10).



Рисунок 3.10 - Металопластикові вікна WHS 72

Згідно нормативних вимог опір теплопередачі нових світлопрозорих конструкцій повинен перевищувати мінімальні вимоги [4]:

$$R_{ск} \geq R_{q \min}$$

Коефіцієнт скління фасаду – це пропорційність площі світлопрозорих огорожувальних конструкцій до загальної площі фасадної частини будинку.

$$m_{скл} = \frac{F_{ск}}{F_{ск} + F_{зс} + F_{дв}} = \frac{F_{ск}}{(F_{ск,д} + F_{ск,мп}) + F_{зс} + F_{дв}} \quad (3.5)$$

де $F_{ск}$ – загальна площа вікон у будівлі, м²;

$F_{ск,д}$, $F_{ск,мп}$ – площа дерев'яних та металопластикових вікон відповідно, м².

$$m_{скл} = \frac{1157,4}{(4 + 1153,4) + 5367 + 49} = 0,18$$

Визначимо нормативний опір теплопередачі для нових вікон за діючими вимогами для будівлі у першій температурній зоні [22]:

$$R_{нов} = R_{q \min} = 0,9 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо втрати теплоти через вікна [Вт]:

- існуючої будівлі:

$$Q_{\text{ск.існ}} = \frac{1}{R_i} \cdot F_B \cdot \Delta t, \quad (3.6)$$

$$Q_{\text{ск.існ.дер}} = \frac{1}{0,38} \cdot 4 \cdot (21 - (-22)) = 447,2 \text{ Вт.}$$

- після заміни вікон:

$$Q_{\text{ск.зм.дер}} = \frac{1}{0,9} \cdot 4 \cdot (21 - (-22)) = 191,11 \text{ Вт.}$$

де F_d – площа дерев'яних вікон, що підлягають заміні, [м²];

$R_{\text{існ}}=R_{\text{ск.д}}$ – опір теплопередачі існуючи дерев'яних світлопрозорих конструкцій, що підлягають заміні, [м²·К/Вт].

Аналогічно розраховуємо втрати теплоти через двері та заносимо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Втрати теплоти ДО впровадження заходу та ПІСЛЯ

ДО ЗАХОДУ										
Огородження	Орієнтація	R, (м ² ·К)/Вт	F, м ²	Δt, °C	b _в	1+Σβ	Q _о , Вт	Всього, Вт		
В _д	Пд.	0,38	4,00	43,00	1,00	1,00	447,20	447,20		
ДВ _{Метал}	Пн.	0,33	3,10			1,10	444,33	1895,91		
	Пд.		6,30			1,00	820,91			
	Пн.Зх.		4,40			1,10	630,67			
ДВ _{Дерев}	Пн.	0,40	5,00			1,10	591,25		2418,75	
	Пд.Сх.		7,20			1,05	812,70			
	Пн.Зх.		4,00			1,10	473,00			
	Зх.		4,80			1,05	541,80			
ПІСЛЯ ЗАХОДУ										
Огородження	Орієнтація	R, (м ² ·К)/Вт	F, м ²			Δt, °C	b _в	1+Σβ	Q _о , Вт	Всього, Вт
В	Пд.	0,90	4,00	43,00	1,00	1,00	191,11	191,11		
ДВ _{Метал}	Пн.	0,70	3,10			1,10	209,47	893,79		
	Пд.		6,30			1,00	387,00			
	Пн.Зх.		4,40			1,10	297,31			
ДВ _{Дерев}	Пн.	0,70	5,00			1,10	337,86		1382,14	
	Пд.Сх.		7,20			1,05	464,40			
	Пн.Зх.		4,00			1,10	270,29			
	Зх.		4,80			1,05	309,60			

4. Річна економія енергії за рахунок зменшення теплопередачі [Гкал/рік]:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^B = \Delta Q \cdot \frac{t_{\text{ВН}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{ВН}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.7)$$

$$\Delta Q_{\text{рік}}^B = ((447,2 - 191,11) + (1895,91 - 893,79) + (2418,75 - 1382,14)) \times \\ \times \frac{21 - 0,5}{21 - (-22)} \cdot 203 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 4,58 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}},$$

7. Річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^B \cdot T, \quad (3.8)$$

де T – тариф на теплову енергію за 2023 рік, так як заходи розраховуються за 2023 рік [грн/Гкал], $T = 2700$ грн/Гкал.

$$\Delta E = 4,58 \cdot 2700 = 12366 \text{ грн.}$$

8. Простий термін окупності заходу з заміни дерев'яних вікон та дверей обчислюється за формулою 3.8:

$$I_B = 3000 \cdot 4 \cdot 1,3 = 15600 \text{ грн,}$$

$$I_D = 3000 \cdot 34,8 \cdot 1,3 = 135720 \text{ грн,}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{15600 + 135720}{12366} = 12,2 \text{ роки.}$$

Захід №2 (Утеплення зовнішніх стін)

Утеплення стін необхідне в сучасному світі так, як через недостатню теплоізоляцію втрачається значна частка тепла. Це призводить до збільшення споживання електричної енергії та рахунків на комунальні послуги. Тому для підвищення енергетичної ефективності необхідно здійснити теплоізоляцію усіх стін. Згідно вимог пожежної безпеки в навчальних закладах використовувати плити полістирольні не можна, тому обираємо мінеральну вату. [6]

Для початку визначаємо, який тип огороження зовнішньої стіни (основний фасад або цегляна кладка) має менший коефіцієнт теплопередачі R , [м²К/Вт]. Зважаючи на це, потрібно обирати необхідну товщину шару ізоляційного матеріалу.

										НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
											61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

1) Розраховуємо мінімально допустиме значення товщини ізоляції за формулою, [м]:

$$\delta_{i3} = \left[R_{qmin} - \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right] \cdot \lambda_{i3} \quad (3.9)$$

де δ_1, λ_1 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], внутрішньої штукатурки будівлі;

δ_2, λ_2 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], основного фасаду будівлі;

$\delta_{i3}, \lambda_{i3}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], ізоляційного шару будівлі, який потрібно обрати самостійно, обґрунтовуючи свій вибір з економічної та технологічної точки зору;

δ_4, λ_4 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], зовнішньої штукатурки будівлі із складного розчину;

R_{qmin} – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для зовнішньої стіни відповідно до вимог [21], що обирається залежно від температурної зони розташування міста $R_{qmin} = 4 \frac{m^2 \cdot K}{Wt}$.

Для ізоляції обираємо мінеральну вату Rockwool ROCKSONIC SUPER з густиною 38 кг/м³ (рис. 3.11). Вона є безпечною, екологічною та стійкою до перепадів температур і підвищеної вологості.

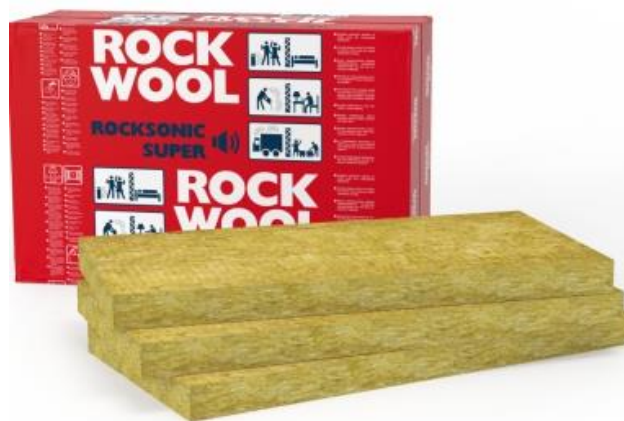


Рисунок 3.11 – Мінеральна вата

$$\delta_{i3w1} = \left(4 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,038 = 0,069 \text{ м} = 69 \text{ мм},$$

										Арк.
										62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\delta_{ізв2} = \left(4 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,03 = 0,068 \text{ м} = 68 \text{ мм.}$$

Після підрахунку результат округлюємо до значення, що відповідає існуючому на ринку теплоізоляційних матеріалів, тобто 100 мм.

2) Визначаємо опір теплопередачі стіни після утеплення [$\text{м}^2\text{К/Вт}$] за формулою:

$$R_{\text{ут}} = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \right) = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) + \frac{1}{\alpha_3} \right) \quad (3.10)$$

За формулою (3.10) визначимо опір теплопередачі [$\text{м}^2\text{К/Вт}$] утепленого огороження для:

- W_1 :

$$R_{\text{ут.}W1} = \left(\frac{1}{8,7} + \left(\frac{0,51}{0,87} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,1}{0,036} \right) + \frac{1}{23} \right) = 3,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Згідно з нормативною документацією після утеплення опір теплопередачі не відповідає вимогам, тому збільшуємо товщину ізоляції з 100 мм до 150 мм:

$$R_{\text{ут.}W1} = \left(\frac{1}{8,7} + \left(\frac{0,51}{0,87} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,15}{0,036} \right) + \frac{1}{23} \right) = 4,94 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

- W_2 :

$$R_{\text{ут.}W2} = \left(\frac{1}{8,7} + \left(\frac{0,51}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,1}{0,036} \right) + \frac{1}{23} \right) = 3,59 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Маємо анологічно ситуацію як і в попередньому випадку, тому збільшуємо товщину ізоляційного матеріалу до 150 мм:

$$R_{\text{ут.}W2} = \left(\frac{1}{8,7} + \left(\frac{0,51}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,15}{0,036} \right) + \frac{1}{23} \right) = 4,98 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.8 – Втрати теплоти ДО впровадження заходу та ПІСЛЯ

ДО ЗАХОДУ								
Огородження	Орієнтація	R, (м ² ·К)/Вт	F, м ²	Δt, °C	b _u	1+Σβ	Q _o , Вт	Всього, Вт
ЗС ₁	Пн.	0,77	1283	43	1	1,10	78812,86	243111,95
	Пд.		1323			1,00	73881,82	
	Зх.		682			1,05	39990,00	
	Сх.		777			1,10	47730,00	
	Пд.Сх.		46			1,05	2697,27	
ЗС ₂	Пн.	0,81	254	43	1	1,10	14832,35	70469,57
	Пн.Сх.		5			1,10	291,98	
	Пд.Сх.		284			1,05	15830,37	
	Пд.		228			1,00	12103,70	
	Пд.Зх.		116			1,00	6158,02	
	Зх.		111			1,05	6187,22	
	Пн.Зх.		258			1,10	15065,93	
ПІСЛЯ ЗАХОДУ								
Огородження	Орієнтація	R, (м ² ·К)/Вт	F, м ²	Δt, °C	b _u	1+Σβ	Q _o , Вт	Всього, Вт
ЗС ₁	Пн.	4,94	1283	43	1	1,10	12284,60	37893,97
	Пд.		1323			1,00	11515,99	
	Зх.		682			1,05	6233,26	
	Сх.		777			1,10	7439,70	
	Пд.Сх.		46			1,05	420,43	
ЗС ₂	Пн.	4,98	254	43	1	1,10	2412,49	11461,92
	Пн.Сх.		5			1,10	47,49	
	Пд.Сх.		284			1,05	2574,82	
	Пд.		228			1,00	1968,67	
	Пд.Зх.		116			1,00	1001,61	
	Зх.		111			1,05	1006,36	
	Пн.Зх.		258			1,10	2450,48	

3. Річна економія теплової енергії за рахунок утеплення зовнішніх стін будівлі розраховується за формулою 3.7, [Гкал/рік]:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.ЗС}} = ((243111,9 - 37893,97) + (70469,57 - 11461,92)) \cdot \frac{21 - 0,5}{21 - (-22)} \cdot 203 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 527,7 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

4. Річна економія грошових витрат визначається за формулою 3.8, [грн/рік]:

$$\Delta E = 527,7 \cdot 2700 = 1424790 \text{ грн.}$$

5. Простий термін окупності заходу з утеплення зовнішніх стін, [років]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} \quad (3.11)$$

									Арк.
									64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НТУУ 001.9105.048 ПЗ				

$\delta_{\text{пок}}$, $\lambda_{\text{пок}}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], шару покриття;

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для перекриття техповерху відповідно до вимог.

- Суміщене покриття:

$$\delta_{\text{із1}} = \left[7 - \left(1,46 + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,14}{0,14} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,02}{0,17} \right) \right] \cdot 0,039 = 0,17 \text{ м} = 170 \text{ мм.}$$

- Неопалювальне горище 1:

$$\delta_{\text{із2}} = \left[6 - \left(1,67 + \frac{0,25}{0,18} \right) \right] \cdot 0,039 = 0,11 \text{ м} = 120 \text{ мм.}$$

- Неопалювальне горище 2:

$$\delta_{\text{із3}} = \left[6 - \left(1,66 + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,14}{0,14} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,03}{0,14} \right) \right] \cdot 0,039 = 0,12 \text{ м} = 120 \text{ мм.}$$

2. Опір теплопередачі горищного перекриття після утеплення, [м²·К/Вт]:

$$R_{\text{ут.Г}} = R_{\text{Г}} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}} + \frac{\delta_{\text{пок}}}{\lambda_{\text{пок}}}, \quad (3.14)$$

- Суміщене покриття:

$$R_{\text{ут.Г1}} = 1,46 + \frac{0,17}{0,039} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,14}{0,14} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,02}{0,17} = 7,12 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

- Неопалювальне горище 1:

$$R_{\text{ут.Г2}} = 1,67 + \frac{0,12}{0,039} + \frac{0,25}{0,18} = 5,88 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

- Неопалювальне горище 2:

$$R_{\text{ут.Г3}} = 1,66 + \frac{0,12}{0,039} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,14}{0,14} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,03}{0,14} = 6,11 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Таблиця 3.9 – Втрати теплоти ДО впровадження заходу та ПІСЛЯ

ДО ЗАХОДУ								
Огородження	Орієнтація	R, (м ² ·К)/Вт	F, м ²	Δt, °С	b _υ	1+Σβ	Q ₀ , Вт	Всього, Вт
Г	Суміщене	1,46	193	43	0,9		5115,82	87788,25
	Неоп.1	1,67	642				14877,49	
	Неоп.2	1,66	2908				67794,94	
ПІСЛЯ ЗАХОДУ								
Огородження	Орієнтація	R, (м ² ·К)/Вт	F, м ²	Δt, °С	b _υ	1+Σβ	Q ₀ , Вт	Всього, Вт
Г	Суміщене	7,12	193	43	0,9		1049,03	23693,36
	Неоп.1	5,88	642				4225,41	
	Неоп.2	6,11	2908				18418,92	

4. Річна економія теплової енергії за рахунок утеплення перекриття техповерху обчислюється за формулою 3.7, [Гкал/рік]:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.Г}} = (87788,25 - 23693,36) \cdot \frac{21-0,5}{21-(-22)} \cdot 203 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 128,01 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

5. Річна економія грошових витрат розраховується за формулою 3.8, [грн/рік]:

$$\Delta E = 128,01 \cdot 2700 = 345621 \text{ грн.}$$

6. Простий термін окупності заходу з утеплення горищного перекриття визначається за формулами 3.11 та 3.12, [років]:

- Суміщене покриття:

$$I_{\text{сум}} = 1500 \cdot 193 = 289500 \text{ грн.}$$

- Неопалювальне горище:

$$I_{\text{неоп.}} = 700 \cdot (642 + 2908) = 2485000 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{окГ}} = \frac{289500 + 2485000}{345621} = 8,00 \text{ років.}$$

Захід № 4 (Утеплення перекриття над неопалювальним підвалом)

У навчальному закладі неопалювальний підвал не є теплоізолюваним, тому рекомендовано провести утеплення.

1. Знаходимо мінімально допустиме значення товщини ізоляції перекриття підвалу, [м]:

$$\delta_{\text{із}} = \left[R_{q \text{ min}} - \left(R_{\text{п}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} \right) \right] \cdot \lambda_{\text{із}}, \quad (3.16)$$

де $R_{\text{п}}$, – опір теплопередачі існуючого перекриття підвалу, [м²К/Вт], що визначено раніше;

									Арк.
									67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НТУУ 001.9105.048 ПЗ				

$\delta_{із}$, $\lambda_{із}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], ізоляційного шару;

$\delta_{шт}$, $\lambda_{шт}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], шару штукатурки із складного розчину;

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для перекриття над неопалювальним підвалом відповідно до вимог.

- Неопалювальний підвал:

$$\delta_{із1} = \left[5 - \left(0,71 + \frac{0,05}{0,93} \right) \right] \cdot 0,042 = 0,18 \text{ м} = 180 \text{ мм.}$$

- Над проїздами:

$$\delta_{із2} = \left[5 - \left(1,04 + \frac{0,05}{0,93} \right) \right] \cdot 0,042 = 0,16 \text{ м} = 160 \text{ мм.}$$

2. Опір теплопередачі перекриття над неопалювальним підвалом після утеплення, [м² К/Вт]:

- Неопалювальний підвал:

$$R_{ут.П1} = 0,71 + \frac{0,2}{0,042} + \frac{0,05}{0,93} = 5,53 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

- Над проїздами:

$$R_{ут.П2} = 1,04 + \frac{0,2}{0,042} + \frac{0,05}{0,93} = 5,86 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Таблиця 3.10 – Втрати теплоти ДО впровадження заходу та ПІСЛЯ

ДО ЗАХОДУ								
Огородження	Орієнтація	R, (м ² ·К)/Вт	F, м ²	Δt, °C	b _в	1+Σβ	Q _о , Вт	Всього, Вт
П	Неоп.підвал	0,71	3114	43	0,3		56578,31	68932,54
	Над проїзд.	1,04	996				12354,23	
ПІСЛЯ ЗАХОДУ								
Огородження	Орієнтація	R, (м ² ·К)/Вт	F, м ²	Δt, °C	b _в	1+Σβ	Q _о , Вт	Всього, Вт
П	Неоп.підвал	5,53	3114	43	0,3		7264,12	9456,68
	Над проїзд.	5,86	996				2192,56	

3. Річна економія теплової енергії за рахунок утеплення перекриття підвалу за формулою 3.7, [Гкал/рік]:

Продовження таблиці 3.11

Вмп	Пн.	0,55	388,1	43	1	1,1	33409,98		
	Пд.		308,76			1	24163,56		
	Пн.Зх.		64,2			1,1	5526,72		
	Пд.Сх.		95,5			1,05	7847,52		
	Сх.		245,7			1,1	21151,33		
	Зх.		51,2			1,05	4207,26		
Вд	Пд.	0,9	4	0,9	1	1	191,11		
Г	Суміщене	7,12	193			0,3	1	1	1049,03
	Неоп.1	5,88	642					1	4225,41
	Неоп.2	6,11	2908					1	18418,92
П	Неоп.	5,53	3114			0,3	1	1	7264,12
	Над проїзд.	5,86	996					1	2192,56
Разом							1	182591,51	

3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності для інженерних систем

Захід № 1 (Встановлення ІТП, балансувальних клапанів)

Наразі в начальні-виховному комплексі трубопровід мережі підключено до системи опалення будівлі без теплообмінника для розділення первинного та вторинного контурів. Таким чином, теплоносій протікає через всю систему опалення будівлі. Так як автоматичне регулювання температури подачі і витрату теплоносія відсутнє, тому система працює не так ефективно.

Тому встановлюємо індивідуальний тепловий пункт. Таким чином, установка індивідуального тепловий пункту з автоматичним регулюванням температури принесе хороший енергозберігаючий ефект. Таке рішення дозволяє адаптувати постачання тепла до будівлі відповідно до фактичного споживання залежно від температури на вулиці. Автоматичне управління (регулятор) ІТП повинно дозволяти програмувати зниження температури на вихідні або святкові дні (або згідно з іншим необхідним робочим графіком).

До складу індивідуального тепловий пункту повинні входити:

- циркуляційний насоси;
- датчики температури в подавальному і зворотному трубопроводі;
- зовнішній датчик температури і контролер (панель керування);

- контрольно-вимірювальні прилади ;
- клапани та прилади, необхідні для нормальної експлуатації (запірні клапани, зворотні клапани, манометри тощо);
- фільтри та сепаратор бруду. Встановлення нових циркуляційних насосів дещо збільшить споживання електричної енергії будівлею.

Економія теплової енергії за рахунок зниження споживання в неробочі години

1. Річні витрати теплової енергії на опалення після виконання термомодернізації за формулою 3.13:

$$Q_{\text{рік}}^{\text{існ}} = Q_{\Sigma} \cdot \frac{t_{\text{ВН}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{ВН}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{рік}}^{\text{після}} = 177300 \cdot \frac{21 - 0,5}{21 - (-22)} \cdot 203 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 354,1 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

де Q_{Σ} – сумарні теплові втрати на опалення будинку після проведення термомодернізації (табл.3.11), [Гкал/год].

2. Річні витрати теплової енергії будівлею після реконструкції ІТП за умови впровадження зниження температури внутрішнього повітря в приміщеннях у нічні години (з 17.00 до 8.00 – 15 годин), Гкал/рік:

$$Q_{\text{рік}}^{\text{після}} = Q_{\Sigma \text{ут}} \cdot \left(\frac{n_o \cdot m_p \cdot (t_{\text{ВН}} - t_{\text{с.о.}})}{t_{\text{ВН}} - t_{\text{р.о.}}} + \frac{n_o \cdot 15 \cdot (t_{\text{нероб}} - t_{\text{с.о.}})}{t_{\text{ВН}} - t_{\text{р.о.}}} \right), \quad (3.14)$$

де $Q_{\Sigma \text{ут}}$ – сумарні теплові втрати на опалення будинку після проведення термомодернізації, [Гкал/год].

m_p – кількість годин роботи будівлі на добу, 9 годин;

$t_{\text{нероб}}$ – температура повітря в приміщеннях у неробочий час (на 6 градуси нижче), [°C].

$$Q_{\Sigma \text{ут}} = Q_{\Sigma} = 177300 \text{ Вт} = 0,15 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}},$$

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$Q'_{\text{рік}}^{\text{після}} = 0,15 \cdot \left(\frac{203 \cdot 9 \cdot (21 - 0,5)}{21 - (-22)} + \frac{203 \cdot 15 \cdot (15 - 0,5)}{21 - (-22)} \right) =$$

$$= 284,67 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

3. Економія витрат теплоенергії при впровадженні зниження температури повітря в неробочі години [Гкал/рік]:

$$E_1 = Q'_{\text{рік}}^{\text{після}} - Q_{\text{рік}}^{\text{після}}, \quad (3.15)$$

$$E_1 = 354,1 - 284,67 = 69,43 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Економія теплової енергії за рахунок введення погодного регулювання

Зважаючи на те, що температури вище +8 С спостерігаються близько 15% опалювального сезону, великий резерв енергозбереження полягає в застосуванні місцевого регулювання теплового потоку в перехідні періоди (березень, квітень, жовтень).

4. Економія теплової енергії [Гкал/рік] при впровадженні погодного місцевого регулювання в тепловому пункті згідно рекомендацій Держенергоефективності становить 10-15%:

$$E_2 = Q'_{\text{рік}}^{\text{після}} \cdot 0,15, \quad (3.16)$$

$$E_2 = 354,1 \cdot 0,15 = 53,12 \text{ Гкал/рік}.$$

5. Разом економія витрат теплової енергії [Гкал/рік] при модернізації ІТП:

$$\Delta E = E_1 + E_2, \quad (3.17)$$

$$\Delta E = 69,43 + 53,12 = 122,55 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

6. Річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = 122,55 \cdot 2700 = 330871,5 \text{ грн}.$$

7. Простий термін окупності заходу [років]:

Необхідні інвестиції = 1150000 грн (вартість установки, введення в експлуатацію, додаткові складові).

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$T_{\text{ок}} = \frac{1150000}{330871,5} = 3,48 \text{ років.}$$

Захід № 2 (Встановлення системи вентиляції)

Система вентиляції у будівлі відсутня. Повітропроводи засмічені та не виконують своїх функцій. Після утеплення стін та встановлення нових вікон рівень проникнення повітря зовні знизиться, а вентиляція будівлі буде необхідна для забезпечення мінімального повітрообміну. Для досягнення необхідного рівня вентиляції в будівлі пропонується встановити припливно-втяжну систему з рекуперацією ВЕНТС ВУТ 2000 Г (рис.3.13).

Вартість установки складає 162000 гривень. [24]



Рисунок 3.13 – Припливно-втяжна установка з рекуперацією ВЕНТС ВУТ 2000 Г 2000 м³/год

Монтажні роботи складають 65000 гривень. Загальна площа будівлі 11294 м². Згідно стандарту кількість опалювальних днів в місті Житомир становить 203 дні, а вулична температура $t_1 = 0,5^{\circ}\text{C}$. [7] Пропонується встановити 1 установку для кухні-столової, де одночасно може перебувати 50 осіб.

Внутрішня температура t_2 для навчальних закладів становить 21 °C.

Розраховуємо кількість енергії необхідної для нагрівання повітря за формулою:

$$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1) \cdot n, \quad (3.18)$$

де c – теплоємність повітря, $c = 1003 \text{ Дж / кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

m – маса повітря;

t_2 – внутрішня температура;

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

n – кількість осіб, які можуть одночасно перебувати у приміщенні;

t_1 – вулична температура.

Розраховуємо необхідну масу повітря за формулою:

$$m = L_{\text{норм}} \cdot \rho, \quad (3.19)$$

де $L_{\text{норм}}$ – норма повітрообміну, $L_{\text{норм}} = 20 \text{ м}^3/\text{людину}$;

ρ – щільність повітря, $\rho = 1,03 \text{ кг/м}^3$.

$$m = 20 \cdot 1,3 = 26 \frac{\text{кг}}{\text{людину}}.$$

Тобто таку масу повітря має прокачувати рекуператор за одну годину своєї роботи.

$$Q = 1003 \cdot 26 \cdot (21 - 0,5) \cdot 50 = 26729950 \frac{\text{Дж}}{\text{год}} = 7425 \frac{\text{Вт}}{\text{год}}.$$

Знайдемо кількість енергії, яка використовується рекуператором за опалювальний період:

$$Q_{\text{рек}} = Q_{\text{пасп}} \cdot n_0 \cdot k_v, \quad (3.20)$$

де $Q_{\text{пасп}}$ – потужність установки за паспортом товару, Вт; [9]

n_0 – кількість опалювальних днів за стандартом; [8]

k_v – коефіцієнт використання, приймаємо 1,3.

Отже, підставляючи значення у формулу 3.20, отримаємо:

$$Q_{\text{рек}} = 1300 \cdot 203 \cdot 1,3 = 343070 \text{ Вт} = 343,07 \text{ кВт}.$$

Так як система вентиляції в будівлі була відсутня, тому порахувати економію від впровадження даного заходу неможливо.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 3

Насамперед заходи з енергоефективності допомагають зменшити енергетичні витрати. Вони мають потужний потенціал для забезпечення не тільки економічних переваг, але і екологічних.

Було запроновано 4 заходи з енергоефективності для огорожувальних конструкцій та 2 заходи для інженерних систем (табл.3.12).

Таблиця 3.12 – Результати розрахунків

Захід	Тепловтрати		Інвестиції, грн	Економія		Простий термін окупності, рік
	ДО	ПІСЛЯ		Гкал/рік	грн/рік	
Заходи через огорожувальні конструкції						
Заміна вікон та дверей	4761,86	2467,04	151320	4,58	12366	12,2
Утеплення зовнішніх стін	313581,52	49355,89	9070230	527,7	1424790	6,4
Утеплення горіщного перекриття	87788,25	23693,36	2774500	128,01	345627	8,0
Утеплення перекриття над неопалювальним підвалом	68932,54	9456,68	3205800	118,78	320706	10,0
Всього	475064,17	84972,97	15201850	779,07	2103489	7,2

Усі заходи, дивлячись на простий термін окупності, є доцільними до впровадження.

Заходи з енергоефективності для інженерних систем частково енергоефективні так як встановлення ІТП та балансувальних клапанів є рентабельним та термін окупності складає 3,48 роки, а захід щодо встановлення рекуператорів який був запронований розрахувати неможливо щодо доцільності його впровадження.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту на подібних об'єктах в Україні, в тому числі нормативно-правові вимоги

З появою енергоменеджменту в світі відбулося переосмислення економічної поведінки та раціонального використання енергоресурсів. Україна почала свій шлях розвитку відносно недавно, але вже має позитивні результати. Насамперед суспільство повинно мати розуміння, що енергія це товар за який воно повинно платити і виходячи з цього треба свідомо підходити до використання енергоресурсів. Питання енергетичного менеджменту в навчальних закладах набуває великого значення, так як державна політика щодо енергозбереження орієнтована саме на підвищення енергоефективності будівель і тим самим зменшення витрат. Головною проблемою навчальних закладів є недотримання температурного режиму. Рішенням слугує впровадження комплексу заходів, які спрямовані на підвищення енергоефективності об'єкту.

По-перше, організація обліку енергоресурсів, при перетворенні, та споживанні є немало важливим кроком до впровадження енергоменеджменту в ліцеї. Важливо створити систему орієнтирів, тобто еталонних показників використання енергоресурсів на одиницю продукції, або послуг, що до речі, також відображено в Законі України «Про енергоефективність».[3] Але на сьогодні еталонних показників практично в Україні не існує, тому комунальні служби рекомендують орієнтуватись на європейські нормативи без урахування кліматичних особливостей різних регіонів України.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Головко Д.С.			Рекомендації для розвитку енергоменеджменту	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Дерев'яно Д.Г.					76	101
Реценз.								
Н. Контр.		Черкашина Г.І.						
Затвер.								
						НН ІЕЕ, кафедра ЕП, гр. ОН-91		

4.2 Рекомендації щодо розвитку систем обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів (в тому числі за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення)

В Україні розвиток системи обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів в навчальних закладах отримує все більшу увагу і підтримку. Держава та різні організації активно працюють над поширенням цих практик і наданням необхідної інфраструктури та ресурсів для їх впровадження. Україна активно розвиває комплекс програмного та технічного забезпечення для дистанційного обліку енергоспоживання. Один з найважливіших проектів в цьому напрямку є впровадження системи "розумних" лічильників електроенергії (Smart Grid) та системи дистанційного збору показників споживання енергії.

Цей комплекс програмного та технічного забезпечення передбачає встановлення сучасних електронних лічильників, які можуть збирати дані про споживання енергії в режимі реального часу. Ці дані передаються на сервери, де вони обробляються та аналізуються. Користувачі, включаючи навчальні заклади, можуть отримувати доступ до своїх енергетичних показників через спеціальні онлайн-портали або мобільні додатки.

Така система дозволяє ефективно контролювати та аналізувати споживання енергії, виявляти енерговитрати та оптимізувати їх. Вона також сприяє підвищенню свідомості користувачів щодо енергоефективності та збереження енергії.

В Україні вже були запроваджені деякі проекти з дистанційного обліку енергоспоживання, особливо в комерційних та промислових секторах. Однак, розширення цих систем на навчальні заклади є важливим кроком для покращення енергоефективності в освітній сфері.

Рекомендується використовувати комплекс програмного та технічного забезпечення для дистанційного обліку енергоспоживання від компанії "ЕСКО Україна". Тим паче для оцінки переваг та необхідності впровадження

										Арк.
										77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата						

пропозиції на об'єктах бюджетної сфери встановлення системи автоматичного моніторингу споживання є безкоштовним строком на півроку. В дистанційному режимі через особистий кабінет в системі можна відслідкувати різні параметри, наприклад мікроклімат (рис. 4.1) приміщення або параметри в ІТП (рис.4.2). [11]

Мікроклімат

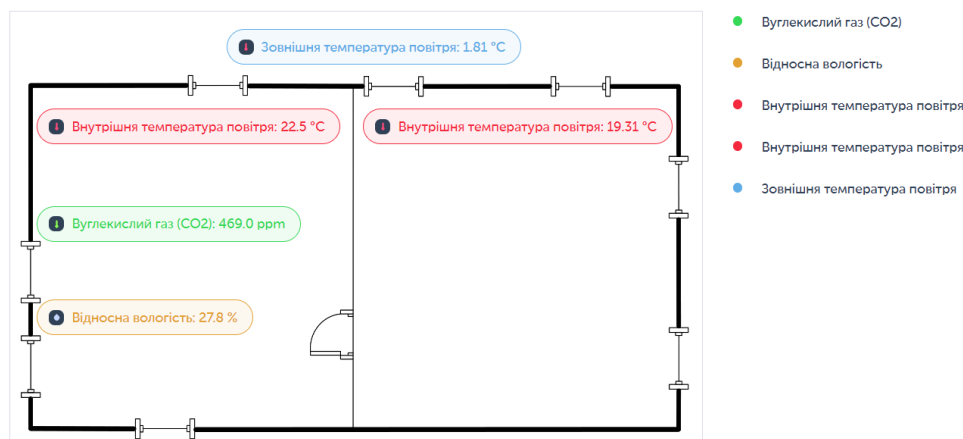


Рисунок 4.1 – Мікроклімат приміщення у режимі реального часу за допомогою АСЕМ

Теплопункт

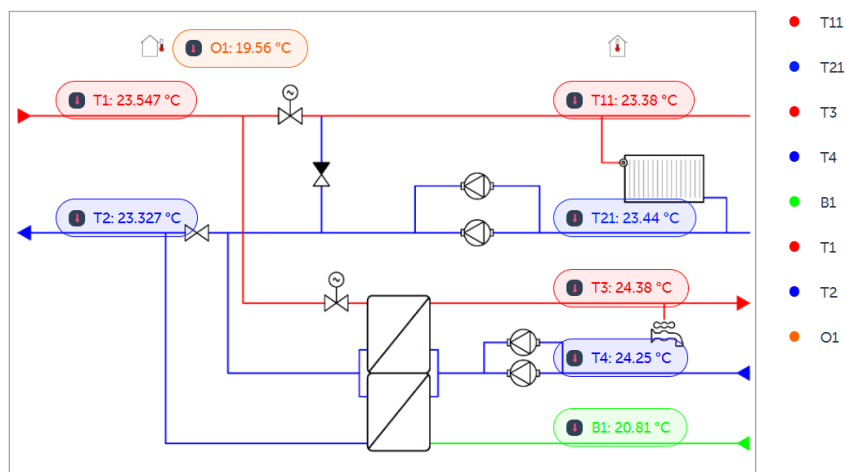


Рисунок 4.2 – Параметри в ІТП в режимі реального часу за допомогою АСЕМ

Загалом, розвиток системи обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів в Україні має на меті забезпечення ефективного використання енергії, зменшення витрат та сприяння сталому розвитку. Це важлива складова енергоефективності навчальних закладів, яка сприяє збереженню ресурсів та зниженню негативного впливу на навколишнє середовище.

4.3 Рекомендації щодо організаційно-управлінських заходів

Існують різні програми та ініціативи, спрямовані на розвиток енергоефективності в навчальних закладах, які включають в себе впровадження систем обліку та моніторингу.

Наприклад, програма "Енергоефективна школа" реалізовується Міністерством освіти і науки України та спрямована на покращення умов навчання та зниження споживання енергії в школах. У рамках цієї програми можуть надаватись фінансові ресурси для встановлення систем обліку та моніторингу. Проєкт «Енергоефективні школи: нова генерація» (проєкт) упроваджується з 2012 року за фінансової підтримки компанії ДТЕК. Метою проєкту є навчання дітей та підлітків житлово-комунальній грамоті та формування у них навичок енергоощадливої поведінки. Навчання відбувається за допомогою безкоштовної інноваційної онлайн-програми дистанційного навчання. [12]

У результаті засвоєння курсів учасники проєкту:

- дотримуються енергетично та екологічно грамотної поведінки та стилю життя;
- розвивають свої лідерські якості, навчаються працювати в команді та приймати виважені рішення щодо впровадження енергоефективних заходів;
- популяризують ідеї енергозбереження та ощадливого ставлення до енергоресурсів серед учителів, батьків, родичів та знайомих.

Організаційно-управлінські заходи щодо енергоменеджменту можуть допомогти покращити енергоефективність у навчальних закладах. Ось деякі рекомендації для ефективного організаційного управління енергією:

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Створення енергетичного менеджменту: сформування команди або відповідальної особи, яка буде відповідати за енергоменеджмент у навчальному закладі. Ця особа повинна мати знання про енергоефективність та здатність координувати та реалізовувати заходи з енергозбереження.

2. Встановлення цілей та моніторинг: чіткі цілі щодо енергоефективності та енергозбереження в навчальному закладі. Використовування системи обліку та моніторингу для регулярного відстеження споживання енергії та оцінки прогресу досягнення цілей.

3. Залучення персоналу та учнів: навчання та інформування про енергоефективність, включаючи правильне користування електроприладами, вимикання світла, управління температурою тощо.

Впровадження цих організаційно-управлінських заходів допоможе створити ефективну систему енергоменеджменту, забезпечити енергоефективність та збереження енергії в навчальних закладах.

Висновки до розділу 4

Отже, впровадження енергоменеджменту у школі є кроком у напрямку створення енергоефективного та сталого середовища. Цей підхід допомагає знизити витрати на енергію, поліпшити екологічні показники та сприяє освітньому процесу.

Впровадження енергоменеджменту у школі має значний потенціал для досягнення енергоефективності, збереження ресурсів та створення сталого навчального середовища. Це сприяє покращенню екологічних показників школи та сприяє розвитку енергетичної свідомості учнів та персоналу.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

Сонячна фотоелектрична система в сучасному світі є не тільки перспективним відновлювальним джерелом енергії, але й економічним. Так як навчальні заклади працюють у денні години, коли навантаження на систему і так велике, тобто відбувається повне використання генерації електроенергії.

Незважаючи на багато переваг є й свої недоліки так як справжній ефект від фотоелектричних систем буде тільки там, де достатня кількість сонячного випромінювання, тобто усе напряду залежить від кліматичних умов та географічного розташування об'єкта.

Отже, розрахуємо доцільність впровадження проекту щодо встановлення сонячних панелей на дах навчального закладу. За допомогою програмного забезпечення SunnyDesign змодельюємо фотелектричні системи на даху досліджуваного об'єкта за сторонами світу: південь, схід, захід (рис.5.1). [13]

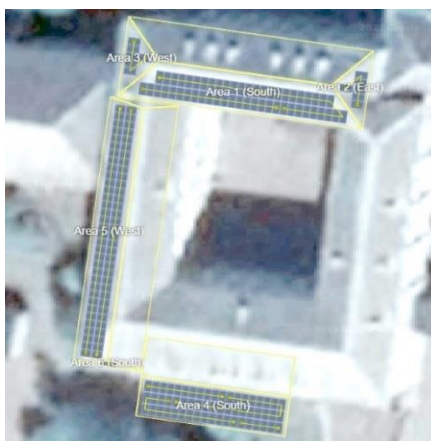


Рисунок 5.1 – Модель встановлених сонячних панелей

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ			
<i>Вим</i>	<i>Арк..</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Головко Д.С.</i>			Оцінка можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії на об'єкті	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Деревянко Д.Г.</i>					81	101
<i>Реценз.</i>						НН ІЕЕ, кафедра ЕП, гр. ОН-91		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Черкашина Г.І.</i>						
<i>Затвер.</i>								

Маючи споживання за три роки розраховуємо скільки споживається в середньому електроенергії в день (табл.5.1).

Таблиця 5.1 – Середнє споживання електроенергії в день

Споживання електричної енергії						
Місяць	Споживання 2017	Споживання 2018	Споживання 2019	Середнє	К-ть днів в місяці	Споживання в день
Січень	3299,9013	2518,9049	2106,5413	2641,7825	31	67,95294516
Лютий	7533,6651	5750,6527	4809,2277	6031,181833	29	165,8354379
Березень	12840,135	9801,226	8196,6918	10279,35093	30	273,22306
Квітень	10740,37	8198,4185	6856,2759	8598,3548	31	221,1701903
Травень	9574,4686	7308,4538	6112,0051	7664,975833	30	203,7335033
Червень	6280,27	4793,9	4009,11	5027,76	31	129,326129
Липень	1245,78	950,941	795,265	997,3286667	30	26,50883333
Серпень	6864,18	5239,61	4381,85	5495,213333	31	141,35
Вересень	5494,7636	4194,3033	3507,6644	4398,910433	31	113,1504645
Жовтень	6337,33	4837,46	4045,53	5073,44	31	130,5009677
Листопад	4347,88	3318,86	2775,54	3480,76	30	92,518
Грудень	21878,3	16700,3	13966,3	17514,96667	31	450,5258065
За рік	96437	73613	61562	77204		

За допомогою електронного ресурсу PVGIS отримуємо інформацію щодо сонячної інсоляції у місті Житомир. [14] Отже, за адресою об'єкта сформуємо графік щомісячних даних сонячного випромінювання (рис. 5.2).

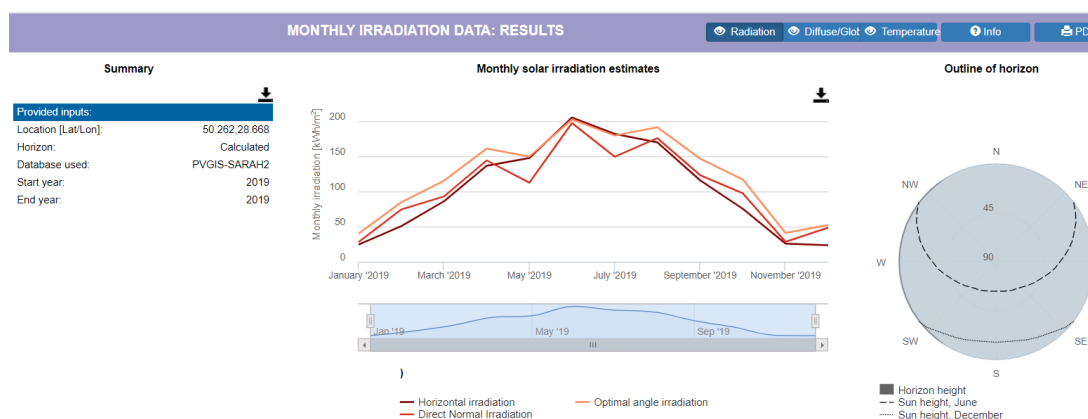


Рисунок 5.2 – Дані щомісячного сонячного опромінення

Згідно середніх показників спостереження NASA середнє значення сонячної інсоляції у місті Житомир складає 3,04 кВт/м² за світловий день. [15]

Тривалість світлового дня складає 16 годин 20 хвилин. Отже, можна розрахувати середнє значення сонячної інсоляції впродовж року за формулою:

$$P_i = \frac{P}{m} = \frac{3,04}{16,20} = 0,19 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$

Для впровадження даного заходу обираємо сонячну панель JA Solar JAM60S02-300/PR (рис.5.3). [16]



Рисунок 5.3 - Сонячна батарея JA Solar JAM60S02-300/PR

Дана панель має потужність 300 Вт є монокристалічною. Відомо, що монокристалічні панелі є більш ефективними, ніж полікристалічні. ККД модуля сягає 18,35 %. Отже, розрахуємо площу однієї панелі:

$$S = a \cdot b = 1,650 \cdot 0,991 = 1,64 \text{ м}^2.$$

Загальна кількість сонячних панелей сягає 191 штук.

Для розрахунку номінальної потужності сонячної електростанції використаємо формулу:

$$P_{\text{ном}} = N \cdot P_{\text{п}} = 187 \cdot 0,3 = 57,3 \text{ кВт.}$$

Обираємо інвертор Solis S5-GR3P10K номінальною потужністю 10 кВт з вихідною напругою 380 В та ціна якого сягає 49920 гривень в кількості 6 штук (рис.5.4). [17]



Рисунок 5.4 – Інвертор Solis S5-GR3P10K

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо генеровану потужність інвертором за годину:

$$P_{\text{год}} = P_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{пан}} \cdot \eta_{\text{інв}} = 57,3 \cdot 0,19 \cdot 0,9 = 9,8 \text{ кВт.}$$

Отже, генерована потужність за рік складає:

$$W_{\text{рік}} = T_{\text{сер}} \cdot N \cdot P_{\text{год}} = 18,5 \cdot 365 \cdot 9,8 = 66338 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Тоді вартість виробленої електроенергії за рік становитиме:

$$N = W \cdot C = 66338 \cdot 3,088 = 204851,74 \text{ гривень.}$$

Оцінюємо загальні витрати на встановлення:

- вартість панелей: 187 шт · 3656 грн = 683672 гривень;
- вартість інвертора (5 шт.): 204600 гривня;
- монтаж та експлуатація: 100000 гривень.

Тоді загальна вартість складає 988272 гривень.

Тоді простий період окупності:

$$T = \frac{988272}{204852} = 4,82 \text{ роки.}$$

Розраховуємо рентабельність даного заходу (таблиця 5.2 – 5.3).

Таблиця 5.2 – Вихідні дані для розрахунку рентабельності заходу

Час життя проекту, рік	Капітальні витрати, грн	Щорічні експлуатаційні витрати, грн	Щорічна економія, грн/рік	Ставка дисконту, %
20	988272	2500	204852	17 %

Таблиця 5.3– Результати рентабельності

Рік	Капітальні витрати, тис.грн	Щорічні експлуатаційні витрати, тис.грн	Вигоди, тис.грн/рік	CF, тис.грн/рік	Кумулятивний CF, тис.грн/рік	к _t	NPV, тис.грн/рік	Кумулятивний дисконтований CF, тис.грн/рік
0	988272	0	0,00	-988272,00	-988272,00	1,00	-988272,00	-988272,00
1	0	2500	204851,74	202351,74	-785920,26	0,85	172950,21	-815321,79
2	0	2500	204851,74	202351,74	-583568,52	0,73	147820,69	-667501,11
3	0	2500	204851,74	202351,74	-381216,78	0,62	126342,47	-541158,64
4	0	2500	204851,74	202351,74	-178865,04	0,53	107985,02	-433173,62
5	0	2500	204851,74	202351,74	23486,70	0,46	92294,89	-340878,74
6	0	2500	204851,74	202351,74	225838,44	0,39	78884,52	-261994,22
7	0	2500	204851,74	202351,74	428190,18	0,33	67422,66	-194571,56
8	0	2500	204851,74	202351,74	630541,92	0,28	57626,21	-136945,35
9	0	2500	204851,74	202351,74	832893,66	0,24	49253,17	-87692,18
10	0	2500	204851,74	202351,74	1035245,40	0,21	42096,73	-45595,45
11	0	2500	204851,74	202351,74	1237597,14	0,18	35980,11	-9615,34
12	0	2500	204851,74	202351,74	1439948,88	0,15	30752,23	21136,89
13	0	2500	204851,74	202351,74	1642300,62	0,13	26283,96	47420,84
14	0	2500	204851,74	202351,74	1844652,36	0,11	22464,92	69885,76
15	0	2500	204851,74	202351,74	2047004,10	0,09	19200,79	89086,55
16	0	2500	204851,74	202351,74	2249355,84	0,08	16410,93	105497,48
17	0	2500	204851,74	202351,74	2451707,58	0,07	14026,43	119523,91
18	0	2500	204851,74	202351,74	2654059,32	0,06	11988,41	131512,32
19	0	2500	204851,74	202351,74	2856411,06	0,05	10246,50	141758,82
							NPV _{проекту}	141758,82

Висновки до розділу 5

За результатами розрахунків захід щодо встановлення сонячних панелей є доцільним до впровадження, так як простий термін окупності складає 4,82 роки та чиста приведена вартість більша 0, що говорить про те що захід є рентабельним.

Було обрано монокристалічні сонячні панелі так як у порівнянні з полікристалічними вони мають більш високу продуктивність при різкій зміні погодних умов, навіть в мороз. Також що немало важливо це те що по своїм габаритним розмірам вони є більш економнішими щодо простора, але при цьому мають більш високу потужність.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

6.1 Загальна характеристика об'єкта

Щоб забезпечити нормований повітрообмін, який відповідає санітарно-гігієнічним нормам, в приміщеннях, де постійно перебувають люди та діти, пропонується встановити систему вентиляції. [18]

До шкільних приміщень різного типу застосовані різні норми повітрообміну, але результат у всіх випадках повинен досягатися один – відповідність якісних характеристик прийнятим нормам. [19]

Так як навчальний заклад має обмежені технічні можливості для встановлення механічної вентиляційної системи, тоді приймаємо методом для забезпечення повітрообміну та покращення якості повітря без значних інвестицій у спеціалізовану вентиляційну систему саме контрольовану інфільтрацію.

В даному навчальному закладі по проекту не було встановлено припливно-витяжної системи вентиляції, але в деякій мірі в будівлі існує природна вентиляція. Вона регульована шляхом відкривання або закриття вікон. Розглядаємо метод контрольованої інфільтрації, яка включає в себе встановлення рекуператорів та датчиків контролю рівня вуглекислого газу.

Рекуператори зазвичай використовуються в різних приміщеннях навчальних закладів, в даному випадку обираємо рекуператори повітря. За допомогою нього можна забезпечити постійний потік свіжого повітря в приміщення, знизити енерговитрати на опалення та охолодження приміщень, що призводить до економії електроенергії та зниження витрат на опалення.

Одночасно з цим в приміщеннях можна знизити рівень шуму.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці та пожежна під час встановлення системи вентиляції	Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Головко Д.С.					86	101
Перевір.		Третьякова Л.Д.						
Реценз.								
Н. Контр.		Черкашина Г.І.						
Затвер.								
						НН ІЕЕ, кафедра ЕП, гр. ОН-91		

Витяжної та припливне повітря проходить по різних каналах і не змішується. У процесі вентиляції відбувається між-канална теплопередача, що забезпечує енергетичну ефективність системи в будь-який період року, а комфорт в приміщенні буде забезпечений завдяки регулюванню кількості припливного і витяжного повітря. [20]

В даному випадку використовується припливно-витяжна установка з рекуперацією ВЕНТС ВУТ 2000 Г (рисунок 6.1) так як кондиціонований об'єм приміщення складає 31 928 м³, а продуктивність установки 2000 м³/год, тоді для навчального закладу знадобиться 1 установка. За типом захисту від ураження електричним струмом установка відноситься до приладів класу 1.



Рисунок 6.1 – Припливно-витяжна установка з рекуперацією ВЕНТС ВУТ 2000 Г

Місце знаходження обладнання – безпосередньо в кухні-їдальні. Для різних установок відрізняється діаметр корпусу апарата, так як такі системи вентиляції монтуються безпосередньо в стіну.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Визначення переліку робіт та склад працівників

Під час встановлення системи вентиляції у навчальному закладі виконуються наступні роботи:

1. Монтаж вентиляційних каналів: встановлення вентиляційних каналів включає монтаж труб, фітингів, колін, трійників та інших компонентів. Ці роботи проводяться з урахуванням проєктних планів та забезпеченням необхідного зазору для прохідності повітря.

2. Встановлення вентиляційних пристроїв: рекуператори повітря монтується відповідно до проєкту. Забезпечується правильне підключення та закріплення пристроїв.

3. Електричні роботи: при встановленні системи вентиляції також проводяться електричні роботи, які включають підключення вентиляційних пристроїв до електромережі, встановлення контрольних пультів, сенсорів та іншого електрообладнання.

4. Пусконаладжувальні роботи: після завершення монтажу та настройки системи проводяться пусконаладжувальні роботи, включаючи перевірку працездатності, регулювання параметрів, виявлення та усунення можливих неполадок. [21]

Будівля навчального закладу належить до категорії Г, так як зовнішні стіни виконані з керамічної цегли. Зазвичай будівлі з цегли володіють високими вогнетривкими властивостями і вважаються більш стійкими до поширення вогню, оскільки цегляні стіни є вогнетривкими і можуть утримувати вогонь на певний період часу. Монтажні роботи виконують у літній період часу, зміна триває 12 годин з 8:00 до 21:00.

Для контролювання вимог пожежної безпеки при експлуатації вентиляційної системи, підтримки належного технічного стану відповідальним є технічний інженер. [22]

Для ефективного встановлення вентиляційної системи знадобляться наступні спеціалісти у складі 3 бригад (таблиця 6.1):

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

1. Монтажники вентиляційних систем.
2. Електромонтажники, які відповідають за підключення електрообладнання системи вентиляції, встановлення електричних з'єднань та настройку системи управління.
3. Трубники, які виконують монтаж вентиляційних труб, з'єднання та закріплення компонентів системи.
4. Комісія з приймання робіт проводить остаточну перевірку та приймання встановленої системи вентиляції згідно з встановленими вимогами та стандартами.

Таблиця 6.1 – Послідовність виконання робіт

Вид робіт	Кількісний склад бригади	Посада	Група електробезпеки
Монтаж	3	Монтажник вентиляційних систем	ІІІ категорія
	2	Електромонтажник	ІІІ категорія
	2	Трубники	ІІ категорія
Налаштування системи управління	4	Комісія з приймання робіт	ІІ категорія

Відомо, що на кожну вентиляційну установку повинен бути заведений паспорт у двох примірниках. Один примірник паспорта повинен знаходитись у технічного інженера, який відповідає за експлуатацію системи вентиляції, а другий — в уповноваженого працівника. [23]

6.3 Підключення до електричної мережі об'єкта

Підключення установки до електричної мережі здійснюється кваліфікованим персоналом після ретельного вивчення інструкції користувача.

Дана установка призначена для підключення лише до джерела живлення змінного струму з напругою 230 В / 50 Гц за допомогою ізольованих, міцних та термостійких провідників (кабелю та проводів). На зовнішньому вводі повинен бути встановлений вбудований у стаціонарну мережу електропостачання автоматичний вимикач, що розриває всі фази мережі. Зовнішній вимикач слід розташовувати так, щоб забезпечити вільний доступ для оперативного відключення установки.

Номінальний струм автоматичного вимикача має бути 10 А.

Переріз провідників - не менше 0,75 мм².

Установка повинна бути заземлена в обов'язковому порядку та підключена до мережі електроживлення відповідно до схеми підключення (рисунок 6.2).

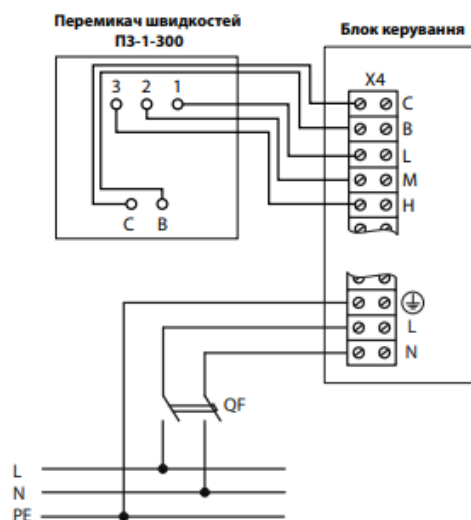


Рисунок 6.2 – Схема електричного підключення ВУТ 2000 Г

Підключати всі проводи керування і живлення необхідно відповідно до маркування клем. Проводи мережі електроживлення підключаються до

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідних затискачів клемної колодки, в даному випадку Х4 (ВУТ 2000 Г). Для захисту схеми від перевантажень та коротких замикань передбачено автоматичний вимикач з термомагнітним роз'єднувачем. Увімкнення, вимкнення установки та перемикання швидкостей здійснюється за допомогою перемикача швидкостей ПЗ-1-300.

Установка комплектується вбудованою системою захисту рекуператора від обмерзання в холодну пору року. Кабелі підключаються до клемної колодки через гермоввід для збереження класу електрозахисту. [24]

6.4 Оцінка умов праці та визначення небезпечних чинників для електротехнічних працівників

Аналіз умов праці електротехнічних працівників під час встановлення системи вентиляції включає в себе оцінювання ризиків та умов, з якими зустрічаються працівники під час виконання своїх обов'язків.

Монтажні роботи відносяться до категорії робіт Па, так як вони пов'язані з ходьбою, переміщенням і перенесенням вантажів до 10 кг, а також супроводжуються помірним фізичним напруженням. Чинники умов праці зазначені в таблиці 6.2.

При встановленні системи вентиляції працівники можуть зіткнутися з такими небезпеками як:

1. Падіння з висоти під час монтажу або обслуговування системи вентиляції, так як рекуператори встановлюються на висоту 2,5 м.
2. Встановлення системи вентиляції включає в себе роботу з електричними проводами та обладнанням, де виникає ризик ураження електричним струмом.
3. Недостатнє освітлення так як встановлення рекуператорів здійснюється в технічних приміщеннях, де виникають сильні світлові плями та тіні через нерівномірне розподілення джерел світла. Це призводить до зменшення видимості, проблем з концентрацією, втоми та незадоволення.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Аби забезпечити безпечні умови для працівників та зменшити ризики під час встановлення припливно-витяжної установки з рекуперацією необхідно враховувати усі небезпеки та вживати необхідні заходи.

Таблиця 6.2 – Чинники умов праці

Найменування чинника	Характеристика	Числове значення показника	Допустимість або шкідливість
Мікроклімат	Температура повітря	$T = 18 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$	Допустимо
	Вологість	$W = 65 \%$	Допустимо
Напруженість праці	Напруженість зору	35 % робочого часу	Допустимо
	Тривалість активних дій	65 % робочого часу	Допустимо
	Змінність	1 зміна, 12 годин	Допустимо
Електрика	Струм	10 А	Небезпечно
	Напруга	230 В	Небезпечно

6.5 Вибір технічних і організаційних заходів та засобів безпеки для запобігання впливу шкідливих, небезпечних виробничих чинників

При встановленні системи вентиляції вживаються такі технічні заходи з безпеки праці:

1. Використання справного обладнання (таблиця 6.3). Електрична апаратура з дефектами може призвести до короткого замикання, пожежі або ураження електричним струмом. Несправна механічна частина обладнання може викликати аварію, травмувати людей або пошкодити майно.

Таблиця 6.3 – Перелік обладнання, яке використовується працівниками під час встановлення рекуператорів

Обладнання	Кількість, шт
Перфоратор	16
Електроріз	16
Свердло М10, М8	16
Гвинтокрут	16
Різак для каналів	16

2. Правильна установка та дотримання правильних параметрів встановлення (таблиця 6.4). Так як вірно налаштоване обладнання забезпечує оптимальну продуктивність, знижує витрати енергії та матеріалів і допомагає досягти кращої якості продукту або послуги.

Таблиця 6.4 – Параметри встановлення системи вентиляції

Висота встановлення	2,5 м
Місце розміщення	Технічні приміщення (рекуператори) на стіні, вздовж коридорів (вентиляційні канали)
Потужність рекуператора	1300 Вт
Продуктивність рекуператора	2000 м ³ /год
Кондиціонований об'єм приміщення	31 928 м ³
Тип рекуператора	Перехресного потоку
Кількість вентиляційних каналів	880 шт по 1,5 м на 4 поверхи

Також багато виробників обладнання надають гарантію на свої продукти, проте часто ця гарантія може бути дійсною лише при виконанні правильної установки обладнання. Якщо обладнання встановлено неправильно або не згідно з вимогами виробника, це може призвести до скасування гарантії. [25]

3. Регулярне обслуговування. [26]

Ці заходи мають бути використані у навчальному закладі для забезпечення безпеки працівників під час встановлення системи вентиляції та попередження можливих небезпек та аварійних ситуацій.

Організаційні заходи по встановленню системи вентиляції включають ряд дій, спрямованих на забезпечення безпеки працівників та ефективного виконання робіт:

1. Належна підготовка працівників: забезпечення необхідного навчання.

2. Проведення інструктажу з техніки безпеки.

3. Оснащення працівників індивідуальними засобами захисту.

Під час встановлення рекуператорів персонал має мати при собі різні засоби безпеки для захисту такі як:

1. Охоронні каски: для захисту голови під час встановлення рекуператорів від можливого удару.

2. Захисні окуляри: для захисту очей від часток пилу під час.

3. Захисні вушні протектори: для зменшення впливу шуму на слух працівників під час свердління.

4. Захисні рукавиці: для захисту рук працівників від можливих порізів, подразнень шкіри або контакту зі шкідливими речовинами.

5. Захисне взуття: для захисту ніг працівників від можливих травм або впливу важких предметів.

6. Респіратори: для захисту дихальних шляхів працівників від пилу, які присутні під час встановлення системи вентиляції. [27]

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

6.5 Заходи з пожежної безпеки

Забезпечення вибухо-пожежної безпеки досягається комплексом профілактичних заходів, направлених на обмеження території поширення вогню у випадку виникнення пожежі, на створення умов для успішної евакуації людей із палаючої будівлі, сприяння успішному здійсненню локалізації, і гасіння пожеж підрозділами пожежної охорони.

До будівлі забезпечена можливість під'їзду пожежних автомобілів по дорогах з твердим покриттям. Зовнішнє пожежогасіння передбачено від пожежних гідрантів, що встановлені на міській мережі водопостачання. Електрозабезпечення протипожежних налаштувань передбачено по першій категорії надійності. Для забезпечення евакуації людей передбачається евакуаційне освітлення та встановлення покажчиків „вихід” біля дверей сходових клітин. [28]

6.6 Розрахунок рівня шуму в вентиляційній мережі

Виконуємо розрахунок рівня шуму для припливно-витяжної установки з рекуперацією ВЕНТС ВУТ 2000 Г, за паспортом установки продуктивність складає 2000 м³/год, перепад тиску $\Delta P = 167$ Па, частота обертання $n = 1150$ об/хв, ККД = 0,87. Для початку обчислюємо загальний рівень звукової потужності рекуператора відносно 10⁻¹² Вт за формулою 6.1:

$$L_{p, \text{заг}} = L + 25 \lg H + 10 \lg Q + \delta, \quad (6.1)$$

де L – критерій шумності, який залежить від типу і конструкції рекуператора, дБ;

H – повний тиск, який створює рекуператор, кгс/м²;

Q – витрата рекуператора, м³/с;

δ – похибка на режим роботи рекуператора, $\delta = 2$ дБ.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для рекуператора значення L зі сторони всмоктування $L_{\text{всм}} = 79$ дБ; напірної сторони – $L_{\text{наг}} = 81$ дБ, тоді за формулою 6.1:

$$L_{\text{р.заг}}^{\text{наг}} = 81 + 25 \lg 17 + 10 \lg 0,00006 + 2 = 72 \text{ дБ,}$$

$$L_{\text{р.заг}}^{\text{всм}} = 79 + 25 \lg 17 + 10 \lg 0,00006 + 2 = 70 \text{ дБ.}$$

Рекомендовані значення рівня звуку для робочих місць у технічних приміщеннях складають 85 дБ. Рівень шуму не перевищує нормативний, тому впроваджувати протишумові заходи не потрібно.

Висновки до розділу 6

В даному розділі був розглянутий аналіз умов праці при монтажі системи вентиляції. В розрахунковій частині був проведений розрахунок рівня шуму в вентиляційній мережі.

Проведення робіт з експлуатації вентиляційних систем в навчальному закладі включає ряд дій та процедур, які спрямовані на забезпечення ефективної роботи системи та комфортних умов для користувачів приміщень.

Також було визначено такі ризики, як падіння з висоти, ураження електричним струмом. Запропоновані роботи можна віднести до робіт середньої важкості, але потрібно суворо дотримуватися всіх необхідних заходів з охорони праці та пожежної безпеки, задля уникнення травм або навіть смертельних випадків.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

ВИСНОВКИ

Об'єктом дипломного проектування був Житомирський загальноосвітній навчально-виховний комплекс «Школа-ліцей №16»». Виконавши аналіз показників електричної енергії, теплової та холодної води було визначено, що найбільше споживання йде на теплову енергію, тому було запропоновано низку заходів, які допоможуть зменшити витрати теплоти і тим самим споживання.

1) Було запропоновано заходи з енергоефективності для огороджувальних конструкцій:

- заміна вікон та дверей;
- утеплення зовнішніх стін;
- утеплення горищного перекриття;
- утеплення перекриття над неопалювальним підвалом.

2) Було запропоновано 2 заходи для інженерних систем такі як:

- встановлення індивідуального теплового пункту та балансувальних клапанів;
- встановлення рекуператора в кухні-їдальній.

Усі заходи, дивлячись на простий термін окупності, є доцільними до впровадження, єдине що захід щодо встановлення рекуператорів який був запропонований розрахувати неможливо щодо доцільності його впровадження так як попередньо на об'єкті відсутня система вентиляції.

3) Побудувавши баланс споживання електричної енергії серед основних споживачів було виявлено, що найбільше електроенергії йде на освітлення, тому було запропоновано замінити старі лампи розжарювання, які доречі є забороненими до використання в Україні на нові світлодіодні, та частково люмінесцентні на більш економічні. Даний захід є рентабельним.

4) Щодо розвитку енергоменеджменту в навчальному закладі було запропоновано пройти програму «Енергоефективні школи: нова генерація» в якій дітей та підлітків навчають житлово-комунальній грамоті та формування

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у них навичок енергоощадливої поведінки. Навчання відбувається за допомогою безкоштовної інноваційної онлайн-програми дистанційного навчання. Тим самим підвищити обізнаність серед учнів та підвищення їх відповідального ставлення до енергоресурсів. Щодо програмного забезпечення рекомендується звернути увагу на автоматизовану систему енергетичного моніторингу за допомогою, якої можна онлайн відслідковувати показники і тим самим регулювати і мати уявлення щодо споживання у графічному вигляді, що допомагає більш зрозуміти де витрачається найбільше ресурсів.

5) Сонячні панелі в школах використовуються для виробництва електроенергії з сонячної енергії. Їх установка дозволяє школам зменшити залежність від традиційних джерел енергії, таких як вугілля або природний газ, та знизити емісії викидів шкідливих газів. Було розраховано захід щодо встановлення сонячних панелей і простий термін окупності складає 4,82 роки та чиста приведена вартість більша 0, що говорить про те що захід є рентабельним та доцільний до впровадження.

Отже, енергоефективність навчальних закладів є важливим аспектом збалансованого та сталого розвитку освітньої системи.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

14. Онлайн-інструмент PVGIS: вебсайт. URL: <https://re.jrc.ec.europa.eu> (дата звернення: 15.05.2023).
15. SolarGarden: вебсайт. URL: <https://www.solargarden.com.ua> (дата звернення: 16.05.2023).
16. СонцеДім центр відновлювальної енергетики: вебсайт. URL: <https://www.soncedim.com.ua> (дата звернення: 16.05.2023).
17. Vinur Системи енергопостачання: вебсайт. URL: <https://vinur.com.ua> (дата звернення: 16.05.2023).
18. Венкон експерт з інженерних рішень: вебсайт. URL: <https://vencon.ua> (дата звернення: 01.06.2023).
19. Ventall: вебсайт. URL: <https://ventall.ua> (дата звернення: 01.06.2023).
20. ALTER AIR Інженерні системи: вебсайт. URL: <https://alterair.ua> (дата звернення: 01.06.2023).
21. Наш майстер: вебсайт. URL: <https://nash-mayster> (дата звернення: 01.06.2023).
22. Служба охорони праці: вебсайт. URL: <https://pro-op.com.ua> (дата звернення: 01.06.2023).
23. ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 "Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи" - (Державний стандарт України).
24. Посібник користувача припливно-витяжної установки з рекуперацією: вебсайт. URL: <https://vents.ua> (дата звернення: 03.06.2023).
25. Safety Culture Технічне обслуговування: вебсайт. URL: <https://safetyculture.com> (дата звернення: 03.06.2023).
26. ДБН В.2.5-67:2013 "Системи вентиляції та кондиціонування повітря. Основні положення" - (Державні будівельні норми України).
27. ДСТУ Б EN 15243:2015 Вентиляція будівель. (EN 15243:2007, IDT) - (Державний стандарт України).
28. Третякова Л.Д., Литвиненко Г.Є. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2008.

					НТУУ 001.9105.048 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А

Призначення будівлі	Вид огорожувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні), світлопрозорі фасади	Покриття перекриття неопалюваних горіщ	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, над неопалюваними підвалами та підлог на ґрунті в опалюваних приміщеннях
Житлові будівлі та будівлі закладів дошкільної освіти, закладів освіти та закладів охорони здоров'я	4,0	3,0	2,0
Нежитлові будівлі, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5
Виробничі будівлі з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будівлі з вологим та мокрим режимом експлуатації	$\theta_{int} - \theta_b$	0,8 ($\theta_{int} - \theta_b$)	
Виробничі будівлі з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м ³)	12	12	
Примітка. θ_{int} - розрахункове значення температури внутрішнього повітря, що визначається згідно з таблицею Б.2 додатка Б.			

Рисунок А.1 - Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції. [4]

									Арк.
									101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НТУУ 001.9105.048 ПЗ				