

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Теплової та альтернативної енергетики

«До захисту допущено»
Завідувачка кафедри
_____ Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

« ____ » _____ 2023 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ
на здобуття ступеня бакалавра**

за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»

на тему: Підвищення рівня енергоефективності будівлі ліцею в місті Чернігів

Виконав: студент - ІІІ курсу, групи ОТ-п01

_____ Бєлик Сергій Романович _____
(підпис)

Керівник _____ к.т.н., доцент Шкляр В.І. _____

Консультанти:

Електротехнічна частина _____ к.т.н., доцент, Інна БІЛОУС _____

Охорона праці _____ к.т.н., доцент, Сергій КАШТАНОВ _____

Нормоконтроль _____ к.т.н., доцент, Віктор ШКЛЯР _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент _____ к.т.н., доцент, доцент каф. АЕМК, ННІЕЕ Алла БОСАК _____
(вчена ступінь та звання, ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

Київ – 2023 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра Теплової та альтернативної енергетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

_____ Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Белику Сергію Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі ліцею
в місті Чернігів

керівник проєкту к.т.н., доцент Шкляр В.І _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «29» травня 2023 р. № 2041-с

2. Термін подання студентом проєкту « 16 » червня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту: поверхові плани з зазначенням основних
параметрів будівлі, дані по споживанню енергоносіїв за останні три роки,
розміри віконних конструкцій та дверей, термограми огорожувальних
конструкцій та системи теплопостачання будівлі, покази термохон,
опалювальна площа 4409,2 м², опалювальний об'єм 17690,68 м³, площа
перекриття 1789,8 м², площа стін (без вікон) 1045,9 м²

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина:

- теплотехнічна: розрахунок тепловтрат, рекомендації до запровадження
заходів з енергозбереження, визначення класу енергоефективності ліцею;
- електротехнічна: аналіз споживачів електричної енергії ліцею, побудова
баланс споживання енергоресурсів, запровадження засобів енергозбереження;

б) енергетичний менеджмент рекомендації до впровадження системи енергетичного менеджменту в закладі освіти;

в) охорона праці : вимоги безпеки при експлуатації системи вентиляції, опалення, електробезпека та пожежна безпека та профілактика.

5. Перелік графічного матеріалу _____

- Креслення №1 – Схема план 1-го поверху. Споживання теплової енергії за 3 роки;

- Креслення №2 – Електричні схеми вводу та розведення будівлі. Електроспоживання за 3 роки. Баланс споживання;

- Креслення №3 – Класи енергетичної ефективності. Річне споживання води. Пакети заходів з енергоефективності.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електротехнічна частина	<i>Білоус І.Ю., доцент</i>		
Охорона праці	<i>Каширанов С.Ф., доцент</i>		
Нормоконтроль	<i>Шкляр В.І., доцент</i>		

7. Дата видачі завдання 17 квітня 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Загальна характеристика об'єкту	20.05 - 09.06 2023	
2.	Розрахунок теплотехнічної частини	20.05 - 09.06 2023	
3.	Розрахунок електротехнічної частини	20.05 - 09.06 2023	
4.	Енергетичний менеджмент	20.05 - 09.06 2023	
5.	Охорона праці	20.05 - 09.06 2023	
6.	Підготовка графічного матеріалу	20.05 - 09.06 2023	
7.	Нормоконтроль	12.06 - 14.06 2023	
8.	Перевірка на плагіат	12.06 - 14.06 2023	
9.	Попередній захист	15.06 - 16.06 2023	

Студент

(підпис)

Керівник проєкту

(підпис)

Сергій БСЛИК
ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Віктор ШКЛЯР
ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту

на тему: Підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі ліцею в місті Чернігів.

Київ – 2023 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту складається з 5 розділів, та містить 85 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 39 ілюстрацій, 19 таблиць та 23 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

У дипломному проєкті об'єктом дослідження є ліцей №22 м. Чернігів. Метою проєкту є аналіз рівня енергоефективності будівлі та визначення шляхів його підвищення.

Під час проведення енергетичного аудиту закладу освіти було досліджено поточний стан об'єкту, його теплозахисні властивості, оцінено поточні та проаналізовано поточні потреби в енергії, було зведено електричний баланс та визначено фактичний та базовий класи енергоефективності.

Основаючись на результатах досліджень щодо потенціалу енергозбереження було розроблено і запропоновано для впровадження заходи щодо підвищення класу енергетичної ефективності будівлі.

Проведена оцінка безпеки під час виконання заходів, пожежної та електробезпеки.

Ключові слова: тепловтрати, теплограми, теплонадходження, енергозбереження, енергетична ефективність, енергетичний аудит, баланс споживання, енергетичний сертифікат.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The explanatory note for the diploma project consists of 5 sections and includes 85 pages of main text. The main text of the work contains 39 illustrations, 19 tables, and 23 bibliographic references according to the reference list.

The research object of the diploma project is Lyceum №22 in Chernihiv. The aim of the project is to analyze the level of energy efficiency of the building and determine ways to improve it. During the energy audit of the educational institution, the current state of the object, its thermal properties, current energy needs were investigated, and the electric balance was calculated. The actual and reference energy efficiency classes were determined and analyzed.

Based on the research results regarding the energy-saving potential, measures were developed and proposed for implementation to improve the energy efficiency class of the building. Safety assessment during the implementation of the measures, including fire safety and electrical safety, was conducted.

Keywords: heat loss, thermograms, heat input, energy saving, energy efficiency, energy audit, consumption balance, energy certificate.

					HTYU 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	10
ВСТУП.....	11
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ	12
1.1 Загальні відомості	12
1.2 Обстеження енергетичних систем об'єкта	13
1.3 Аналіз фактичного енергоспоживання	13
1.3.1 Річне споживання теплової енергії	14
1.3.2 Споживання електричної енергії	15
1.3.3 Споживання води.....	17
Висновки до розділу	17
2. ТЕПЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Опис системи теплопостачання	18
2.2 Огороджувальні конструкції	19
2.2.1 Зовнішні стіни.....	19
2.2.2 Світлопрозорі огороджувальні конструкції	19
2.2.3 Зовнішні двері.....	20
2.2.4 Дах	21
2.2.5 Підвал	22
2.3 Фактичні теплозахисні властивості та тепловізійне обстеження огороджувальних конструкцій	22
2.3.1 Розрахунок фактичних теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій.....	22
2.3.2 Тепловізійне обстеження ліцею № 22	30
2.4 Визначення класу енергоефективності ліцею № 22.....	31
2.4.1 Визначення фактичного класу енергоефективності	31
2.4.2 Визначення базового класу енергоефективності	35
2.5 Впровадження енергозберігаючих заходів.....	38
2.5.1 Утеплення зовнішніх стін	38
2.5.2 Утеплення дахового перекриття	40
2.5.3 Встановлення балансуєчої арматури.....	42

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2.5.4 Утеплення перекриття над підвалом	42
2.5.5 Встановлення системи вентиляції	44
Висновки до розділу	47
3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	48
3.1 Схема зовнішнього електропостачання об'єкту	48
3.2 Схема внутрішнього електропостачання об'єкта.....	48
3.3 Характеристика основних споживачів електроенергії на об'єкті	50
3.4 Розрахунок навантажень споживачів.....	52
3.5 Складання балансу споживання електричної енергії.....	56
3.6 Облік споживання електроенергії	59
3.7 Заходи з енергозбереження	60
3.7.1 Заміна на кухні застарілої електричної плити на нову енергоефективну.....	60
3.7.2 Встановлення ФЕС	62
3.7.3 Заміна насосу	67
Висновки до розділу	68
4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ	70
4.1 Характеристика діяльності служби енергетичного менеджменту в місті Чернігів.....	70
4.2 Впровадження системи енергоменеджменту в ліцей №22	70
Висновки до розділу	72
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	73
5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного устаткування спроектованої системи вентиляції.....	74
5.1.1 Вимоги безпеки при експлуатації спроектованої системи вентиляції.....	74
5.1.2 Електробезпека	75
5.2. Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії	76
5.2.1. Мікроклімат робочої зони	77
5.2.2. Склад повітря робочої зони.....	77
5.2.3. Виробничий шум	78

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.4. Виробничі вібрації	79
5.3 Пожежна безпека	79
5.3.1 Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки	79
5.3.2 Технічні рішення щодо забезпечення пожежної безпеки.....	80
5.3.3 Основні вимоги пожежної безпеки для закладів освіти	81
Висновки до розділу	82
ВИСНОВКИ	83
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84
ДОДАТКИ	86
Додаток А	86
Додаток Б	87
Додаток В	87
Додаток Г	88
Додаток Ґ	88

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

СКОРОЧЕННЯ

СК – світлопрозорі конструкції;
ІТП – індивідуальний тепловий пункт;
ЗС – зовнішні стіни ;
ТП – трансформаторна підстанція;
ГРЩ – головний розподільчий щит;
ФЕС – фотоелектрична система;
ЕУ – електрична установка;
ГДК – гранично-допустима концентрація;
СЕМ – система енергетичного менеджменту.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$t_{\text{вн.}}$ – внутрішня температура в приміщеннях будівлі;
 $t_{\text{р.о.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення;
 α – коефіцієнт тепловіддачі;
 δ – товщина;
 λ – коефіцієнт теплопровідності;
 R – опір теплопередачі;
 K – коефіцієнт теплопередачі;
 F – площа;
 $t_{\text{ср.о}}$ – середня температура за опалювальний період;
 n_o – тривалість опалювального періоду;
 $P_{\text{одн.}}$ – встановлена потужність одного електроприладу.

ВСТУП

В наш час гострим стає питання глобального потепління. Перед людством постає завдання переходу на більш чисті джерела енергії за традиційні. Альтернативні джерела енергії мають мінімальний вплив на навколишнє середовище та клімат, окрім цього, вони підвищують незалежність країни в сфері енергетики.

Абсолютна більшість закладів освіти України для потреб теплопостачання використовують централізовану систему, яка продукує енергію за рахунок спалення вугілля або природного газу. Тому з метою зменшення шкідливого впливу парникових газів використовують відновлювальні джерела енергії, а також проводять термомодернізацію всіх закладів з метою зменшення витрат теплової енергії, що постачається від централізованих систем.

Об'єктом дослідження в дипломному проєкті виступає заклад освіти у місті Чернігів. Метою роботи є: енергетичне обстеження, аналіз енергетичних система та споживання енергоресурсів, аналіз стану огорожувальних конструкцій; визначення потенціалу енергозбереження та проєктування фінансово обґрунтованих та доцільних до впровадження заходів з енергозбереження. Результатом даної роботи виступає розрахований рівень енергоефективності будівлі до та після впровадження енергозберігаючих заходів.

Для проведення аналізу в ході виконання дипломного проєкту були проведені заміри фактичних площ СК, встановлені логери для дослідження фактичної внутрішньої температури будівлі, а також проведено тепловізійне обстеження огорожувальних конструкцій та інженерного обладнання.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості

Об'єктом дослідження є заклад освіти (ліцей) в м. Чернігів (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Ліцей м. Чернігова

Рік будівництва – 1973. Будівля має форму букви «Н» та складається з двох двоповерхових частин та однієї 3-поверхової (рис. 1.2):

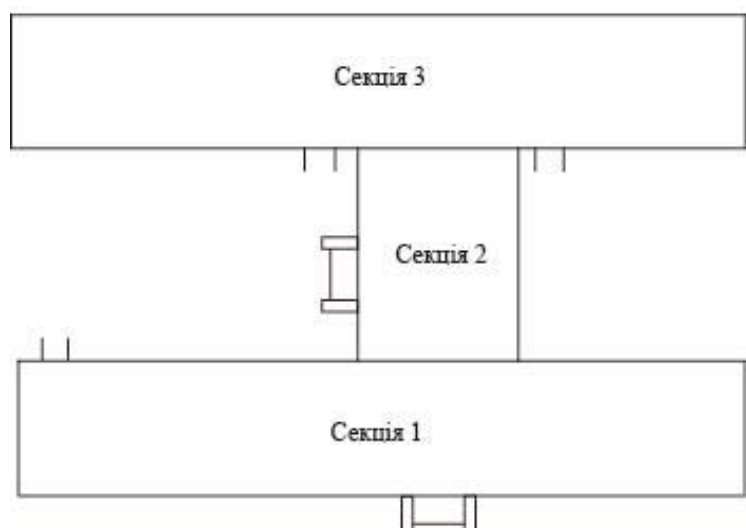


Рисунок 1.2 – Розташування секцій ліцею № 22

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ						
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Белик С.Р.			ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ			Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Шкляр В.І.								12	6
Реценз.								ІАТЕ, ОТ-п01			
Н. Контр.		Шкляр В.І.									
Затвер.											

Основні розмірні параметри будівлі: загальна площа об'єкта складає 4575,9 м², загальний об'єм 18863 м³, опалювальна площа 4409,2 м², опалювальний об'єм 17690,68 м³. Режим роботи закладу з 8:00 до 20:00.

Кліматичні умови розміщення згідно з [2] за додатками А, В:

- Розрахункова температура – мінус 23 °С;
- Середня опалювальна температура – мінус 0,9 °С;
- Кількість опалювальних днів – 187 діб;
- Кліматична зона – І.

1.2 Обстеження енергетичних систем об'єкта

На даний момент теплопостачання приміщень будівлі здійснюється від централізованого теплопостачання компанії ВАТ «Чернігів облтеплокомуненерго». Встановлений теплолічильник типу СВТУ-10М, який введений в дію в 2009 році. ІТП об'єкту перебуває в справному стані, нещодавно була проведена модернізація.

Вода постачається закладу освіти компанією КП «Чернігівводоканал». Вона йде холодною по трубах, через що, утеплення труб відсутнє. Облік об'ємної витрати води виконує лічильник типу СВТУ-10М

Електропостачання об'єкту здійснює електропостачальна компанія ВАТ «Чернігівобленерго», облік електричної енергії ведеться лічильником АПЗВ.

1.3 Аналіз фактичного енергоспоживання

Будівля закладу освіти використовує такі види енергоносіїв: електрична енергія, теплова енергія, вода. Тариф на теплову енергію – 1661,74 грн/Гкал, тариф на електроенергію 6,08 грн/кВт·год.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.3.1 Річне споживання теплової енергії

Теплову енергію використовують лише для потреб опалення. З рисунку 1.3 бачимо, що найбільше споживання теплової енергії припадає на зимовий період, бо це найхолодніший період року, весною споживання зменшується через потепління. З травня по вересень включно за всі 3 роки споживання теплової енергії було нульовим, так як це неопалювальний сезон. Починаючи з жовтня спостерігаємо поступове збільшення споживання теплової енергії для опалення приміщень ліцею.

Порівнявши 2019 – 2021 роки, бачимо, що відносно 2019 року використання теплової енергії мало різкий спад, що пов'язано з пандемією.

Дані про споживання теплової енергії за 2019 – 2021 роки наведені в таблиці 1.1 та зображені на графіку рисунку 1.3.

Таблиця 1.1 – Річне споживання теплової енергії

№	2019		2020		2021	
	Гкал	грн	Гкал	грн	Гкал	грн
Січень	84	139586,16	62	103027,88	66	109674,84
Лютий	61	101366,14	51	84748,74	84	139586,16
Березень	50	83087	40	66469,6	58	96380,92
Квітень	19	31573,06	0	0	6	9970,44
Травень	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0
Жовтень	8	13293,92	17	28249,58	13	21602,62
Листопад	59	98042,66	49	81425,26	37	61484,38
Грудень	53	88072,22	69	114660,06	58	96380,92
Σ	334	555021,16	288	478581,12	322	535080,28

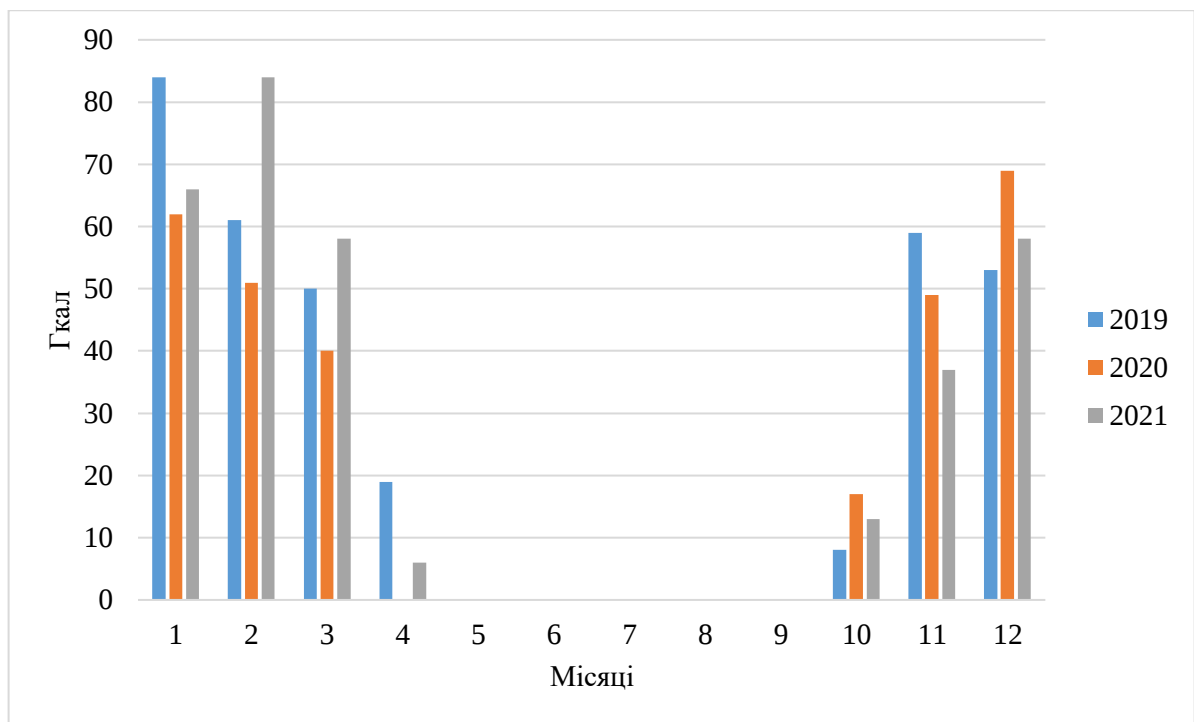


Рисунок 1.3 – Графік споживання теплової енергії

1.3.2 Споживання електричної енергії

Споживання електричної енергії іде за рахунок роботи системи освітлення, кухонного обладнання та навчальних приладів.

Як видно на рисунку 1.4, споживання протягом року не рівномірне, це пов'язано з літніми канікулами в учнів, через що не має необхідності в роботі кухні та значно зменшується потреба в освітленні.

Також можна відмітити значний спад використання електроенергії з квітня 2020 року, це пов'язано з пандемією COVID-19.

Помісячні дані наведені в таблиці 1.2.

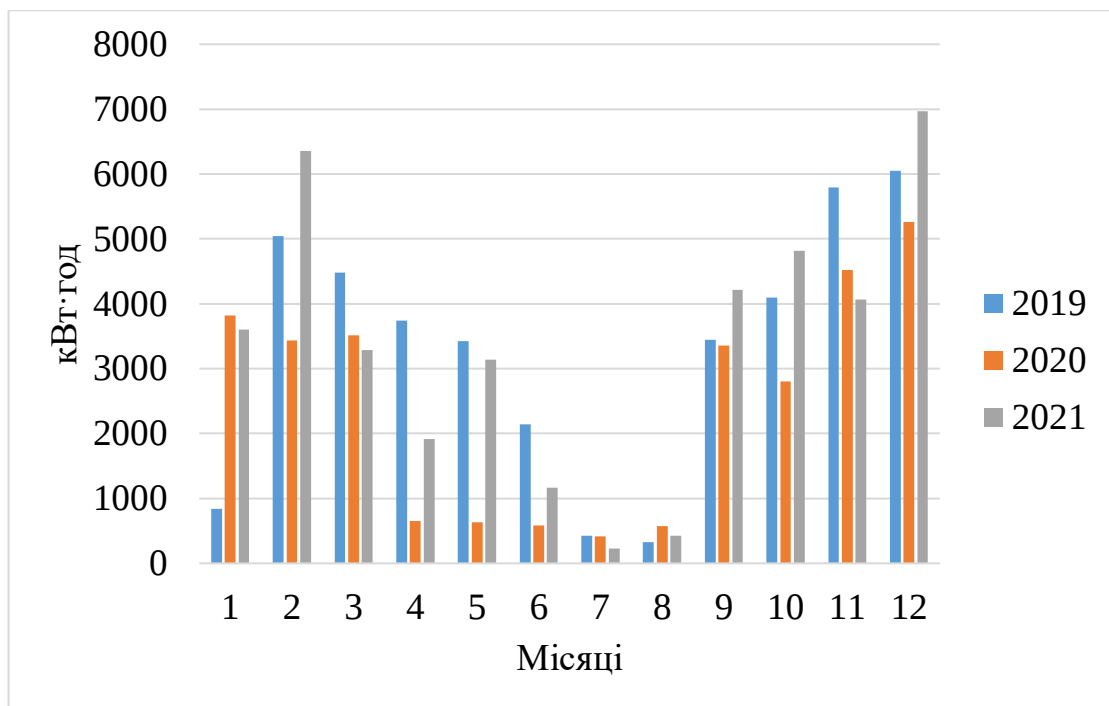


Рисунок 1.4 – Споживання електричної енергії

Таблиця 1.2 – Річне споживання електричної енергії

№	2019		2020		2021	
	кВт·год	грн	кВт·год	грн	кВт·год	грн
Січень	841	5113,28	3818	23213,44	3599	21881,92
Лютий	5043	30661,44	3434	20878,72	6355	38638,4
Березень	4485	27268,8	3513	21359,04	3284	19966,72
Квітень	3737	22720,96	650	3952	1919	11667,52
Травень	3428	20842,24	636	3866,88	3143	19109,44
Червень	2145	13041,6	587	3568,96	1163	7071,04
Липень	426	2590,08	420	2553,6	232	1410,56
Серпень	326	1982,08	570	3465,6	427	2596,16
Вересень	3441	20921,28	3353	20386,24	4211	25602,88
Жовтень	4097	24909,76	2805	17054,4	4817	29287,36
Листопад	5798	35251,84	4521	27487,68	4065	24715,2
Грудень	6051	36790,08	5264	32005,12	6963	42335,04
Σ	39818	242093,4	29571	179791,7	40178	244282,2

1.3.3 Споживання води

Дані про річне споживання води протягом 2019-2021 рр. наведено в таблиці 1.3. та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.3 – Річне споживання води

№	2019		2020		2021	
	м³	грн	м³	грн	м³	грн
Водопостачання	852	17442,14	580	12075,6	417	10206,49

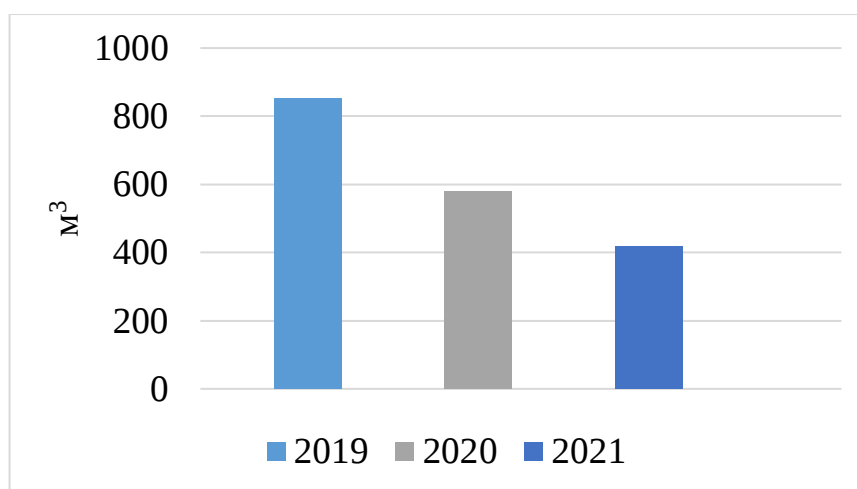


Рисунок 1.5 – Річне споживання води

З рисунку 1.5 видно, що споживання холодної води поступово зменшується.

Висновки до розділу

З даних графіків та діаграм бачимо, що найбільше грошей витрачається на теплову енергію. Проаналізувавши споживання енергоносіїв можна зробити висновок, що в першу чергу необхідно зробити акцент на впровадженні енергозберігаючих заходів, які в подальшому призведуть до зниження споживання теплової енергії.

2. ТЕПЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис системи теплопостачання

Система теплопостачання – централізована однотрубна. Система опалення будівлі з нижньою розводкою труб.

З метою індивідуального регулювання витрати теплоносія в залежності від зовнішньої температури передбачено автоматичний регулятор температури в комплексі з циркуляційним насосом (датчик внутрішньої температури відсутній). Робота обладнання забезпечується контролером. У зв'язку з відсутністю належного сервісного обслуговування обладнання теплового пункту, управління системою автоматики здійснюється в ручному режимі в більшості випадків відповідальним персоналом закладу. Опалювальні прилади представлені чавунними радіаторами типу М-140. Трубопроводи систем опалення та гарячого водопостачання змонтовані із сталевих електрозварних труб. Теплова ізоляція систем трубопроводів у задовільному стані.

Запроектована системи вентиляції в будівлі приточно-витяжна з механічним спонуканням та природна. Приточна вентиляція не працює вже тривалий час. Витяжна система вентиляції працює лише в приміщенні харчоблоку. Вентиляція решти приміщень – природна.

Наявний значний фізичний та моральний знос більшості елементів системи.

Гаряче водопостачання централізоване. Впродовж опалювального сезону працює лише в харчоблоці. В решті приміщень гаряче водопостачання відсутнє.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ						
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Белик С.Р.			Теплотехнічна частина			Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Шкляр В.І.								18	30
Реценз.								ІАТЕ, ОТ-п01			
Н. Контр.		Шкляр В.І.									
Затвер.											

2.2 Огороджувальні конструкції

2.2.1 Зовнішні стіни

Зовнішні стіни закладу освіти перебувають у задовільному стані, пошкоджень не виявлено. Стіна складається з силікатної цегли викладеної у 2 шари товщиною 510 мм, ззовні стіна не вкрита додатковим ізолюючим чи декоративним шаром. Зсередини вкрита шаром цементно-піщаної штукатурки. На рисунку 2.1 зображено зовнішню стіну ліцею, а саме стіну 5 фасаду будівлі.



Рисунок 2.1 – Зовнішня стіна ліцею № 22

2.2.2 Світлопрозорі огороджувальні конструкції

Світлопрозорі огороджувальні конструкції ліцею не мають наявних пошкоджень. Витоків повітря через нещільності зафіксовано не було. За технічним паспортом тип склопакету 4-12-4-12-4, заповнені повітрям.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Металопластикові вікна що встановлені в будівлі мають сертифікат про підтвердження щодо опору теплопередачі на рівні $R = 0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. На рисунку 2.2 зображено типове вікно.



Рисунок 2.2 – Типове вікно зсередини

2.2.3 Зовнішні двері

Головні двері на вході в ліцей № 22 обладнані тамбуром для захисту від проникнення холодного повітря та атмосферних опадів, а також пилу, диму та запахів з вулиці. Всі зовнішні двері закладу металопластикові та введені в експлуатацію в 2017 році, окрім аварійної двері, яка розташована на 10 фасаді будівлі, вона металева. Зовнішній вигляд металопластикових дверей та металевої двері зображено на рисунках 2.3 та 2.4 відповідно.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



Рисунок 2.3 – Типові металопластикові двері



Рисунок 2.4 – Аварійні металеві двері

2.2.4 Дах

Дах виконаний зі збірних залізобетонних панелей вкритих цементною стяжкою та рулонним покриттям руберойду. Горище відсутнє. Через неправильних нахил покриття має місце скупчення та застій води на поверхні даху. Необхідна модернізація дахового покриття. На рисунку 2.5 можна побачити наявний застій води після осадів на даху.



Рисунок 2.5 – Дах будівлі

2.2.5 Підвал

Підвальне приміщення розташовано лише під частиною будівлі та не опалюється. У підвалі розташовано індивідуальний тепловий пункт та основне енергетичне обладнання.

2.3 Фактичні теплозахисні властивості та тепловізійне обстеження огорожувальних конструкцій

2.3.1 Розрахунок фактичних теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій

Непрозорі огорожувальні конструкції (стіни).

Опір теплопередачі, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, для зовнішньої стіни знайдемо за формулою:

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$R_{3C} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{ц.}}}{\lambda_{\text{ц.}}} + \frac{\delta_{\text{шт.}}}{\lambda_{\text{шт.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}},$$

де $\alpha_{\text{вн.}}$ – коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі, додаток Г,
 $\alpha_{\text{вн.}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$\delta_{\text{ц.}}$ – товщина шару цегли, $\delta_{\text{ц.}} = 0,51 \text{ м}$;

$\lambda_{\text{ц.}}$ – коефіцієнт теплопровідності цегли, $\lambda_{\text{ц.}} = 0,87 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

$\delta_{\text{шт.}}$ – товщина шару штукатурки, $\delta_{\text{шт.}} = 0,02 \text{ м}$;

$\lambda_{\text{шт.}}$ – коефіцієнт теплопровідності штукатурки, $\lambda_{\text{шт.}} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

$\alpha_{\text{з.}}$ – коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі, додаток Г,
 $\alpha_{\text{з.}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Підставимо відповідні значення у формулу :

$$R_{3C} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,02}{0,23} + \frac{1}{23} = 0,832 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Порівняльний аналіз опору теплопередачі стін з нормативним значенням:

$$R_{3C} \geq R_{q \text{ min}} \Rightarrow 0,832 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < 4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Термічний опір не відповідає мінімальним вимогам [1], додаток Б.

Коефіцієнт теплопередачі стіни, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, визначимо за формулою:

$$k_{3C} = \frac{1}{R_{3C}}.$$

Таким чином:

$$k_{3C} = \frac{1}{0,832} = 1,202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Світлопрозорі огорожувальні конструкції

Вікна металопластикові з термічним опором $R_B = 0,65 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

Коефіцієнт теплопередачі вікна:

$$k_B = \frac{1}{R_B} = \frac{1}{0,65} = 1,54 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для вікон за [1], додаток Б:

$$R_{q\min} = 0,9 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad R_{q\min} > R_B.$$

Значення термічного опору не відповідають мінімальним вимогам, тому в майбутньому необхідно замінити вікна на більш енергозберігаючі, які будуть відповідати нормативному значенню.

Дверні конструкції

Термічний опір металопластикових дверей складає:

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

Термічний опір залізних дверей складає:

$$R_{\text{Дв.з}} = 0,168 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для дверей, додаток Б:

$$R_{q\min} = 0,7 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad R_{q\min} > R_{\text{Дв.з}}.$$

Значення термічного опору металопластикових дверей не відповідають мінімальним вимогам, але є прийнятними, тому в разі заміни дверних

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкцій необхідно замінити спочатку металеві двері, а потім металопластикові.

Коефіцієнт теплопередачі залізних дверей:

$$k_{Дв_з} = \frac{1}{R_{Дв_з}} = \frac{1}{0,168} = 5,95 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі металопластикових дверей:

$$k_{Дв_мп} = \frac{1}{R_{Дв_мп}} = \frac{1}{0,5} = 2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Обстеження даху

Опір теплопередачі, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, для дахового перекриття знайдемо за формулою:

$$R_{Д} = \frac{1}{\alpha_{вн.}} + \frac{\delta_{зб.}}{\lambda_{зб.}} + \frac{\delta_{шт.}}{\lambda_{шт.}} + \frac{\delta_{руб.}}{\lambda_{руб.}} + \frac{1}{\alpha_{з.}},$$

де $\alpha_{вн.}$ – коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі, додаток Г,
 $\alpha_{вн.} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С});$

$\delta_{зб.}$ – товщина залізобетонної плити, $\delta_{зб.1} = 0,22 \text{ м};$

$\lambda_{зб.}$ – коефіцієнт теплопровідності залізобетону, $\lambda_{зб.} = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$

$\delta_{ц.р.}$ – товщина шару цементно-піщаного розчину, $\delta_{ц.р.} = 0,05 \text{ м};$

$\lambda_{ц.р.}$ – коефіцієнт теплопровідності цементного розчину,
 $\lambda_{ц.р.} = 0,87 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$

$\delta_{руб.}$ – товщина шару рубероїду, $\delta_{руб.} = 0,003 \text{ м};$

$\lambda_{руб.}$ – коефіцієнт теплопровідності рубероїду, $\lambda_{руб.} = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$

$\alpha_{з.}$ – коефіцієнт тепловіддачі, додаток Г, $\alpha_{з.} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$

Підставимо відповідні значення у формулу:

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$R_d = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,05}{0,87} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{1}{23} = 0,341 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Порівняльний аналіз опору теплопередачі дахового перекриття з нормативним значенням:

$$R_d \geq R_{q \min} \Rightarrow 0,341 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < 6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Термічний опір не відповідає мінімальним вимогам [1], додаток Б.

Коефіцієнт теплопередачі перекриття, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, визначатимемо за формулою:

$$k_d = \frac{1}{R_d}.$$

Таким чином:

$$k_d = \frac{1}{0,341} = 2,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Результати розрахунків занесено в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 – Теплофізичні властивості огорожувальних конструкцій

Найменування огороження	Позн.	$R, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
Зовнішня стіна	ЗС	0,832	1,2
Світлопрозорі конструкції	В	0,65	1,54
Двері	Д _{ВМП}	0,5	2
	Д _{Вз}	0,168	5,95
Дахове перекриття	Д	0,341	2,93

Розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції проведемо за допомогою програмного забезпечення Е-Audit [5].

Далі на рисунках 2.6 – 2.10 зображено дані конструкцій, що вносилися в програму для розрахунку.

А саме на рисунку 2.6 дані типового вікна з 5 частинами, вікна з 2 та 3 частинами виконані аналогічно.

Назва Вікно		Тип конструкції Вікно	
Матеріал Профіль ПВХ(3 камери) (U=2.0)	Кількість частин 5	Товщина профілю, мм 50	
Ширина профілю, мм 75	Тип склопакету 4-12-4-12-4(Повітря, к.емісії - 0.15)	Дистанційна рамка Алюміній або сталь	

Рисунок 2.6 – Типове вікно в програмі E-Audit

Назва Зовнішні стіни		Тип конструкції Стіна	
Призначення Теплоізоляційні матеріал	Тип Розчини теплоізоляційні	Матеріал Розчини цементно-перлітові (густиною $\rho_0=600\text{кг/м}^3$) ($\lambda=0.1$)	
λ , Вт/м·К 0,23	Змінити λ , Вт/м·К	Товщина, мм 20	R, м²К/Вт 0,087
Призначення Матеріали конструкційні	Тип Кладка цегляна з повнот	Матеріал Силікатної на цементно-піщаному розчині(густиною $\rho_0=18$)	
λ , Вт/м·К 0,87	Змінити λ , Вт/м·К	Товщина, мм 510	R, м²К/Вт 0,586
Додати шар			
Коефіцієнт теплопередачі конструкції 1,203		Опір теплопередачі конструкції 0,831	
Матеріал зовнішнього шару Цегла силікатна			

Рисунок 2.7 – Зовнішня стіна в програмі E-Audit

Назва Двері		Тип конструкції Двері	
Матеріал Профіль ПВХ(3 камери) (U=2.0)	Кількість частин 1	Товщина профілю, мм 50	

Рисунок 2.8 – Металопластикові двері в програмі E-Audit

Назва		Тип конструкції	
Дахове перекриття		Суміщене покриття	

Призначення	Тип	Матеріал	
Матеріали конструкційні	Розчини будівельні	Розчин складний (пісок, вапно, цемент) (густиною $\rho_0=1700$)	
λ , Вт/м·К	Змінити λ , Вт/м·К	Товщина, мм	R, м²К/Вт
0,87		50	0,057

Призначення	Тип	Матеріал	
Матеріали конструкційні	Матеріали покрівельні, гі	Руберойд, пергамін(густиною $\rho_0=1000\text{кг/м}^3$) ($\lambda=0.17$)	
λ , Вт/м·К	Змінити λ , Вт/м·К	Товщина, мм	R, м²К/Вт
0,17		3	0,018

Призначення	Тип	Матеріал	
Матеріали конструкційні	Бетони конструкційні	Залізобетон (густиною $\rho_0=2500\text{кг/м}^3$) ($\lambda=2.04$)	
λ , Вт/м·К	Змінити λ , Вт/м·К	Товщина, мм	R, м²К/Вт
2,04		220	0,108

[Додати шар](#)

Коефіцієнт теплопередачі конструкції	Опір теплопередачі конструкції
2,933	0,341

Матеріал зовнішнього шару
Руберойд з піщаною засипкою

Рисунок 2.9 – Дахове перекриття в програмі E-Audit

Назва	Підвал			Тип конструкції	Технічне підпілля (неопалювальний підвал)
товщина зовнішньої стіни, м	0,64			Категорія ґрунту	Пісок або гравій
висота від ґрунту до перекриття, м	1			площа вентиляційних отворів, м²/м	

Підлога			
Призначення	Тип	Матеріал	
Матеріали конструкційн	Бетони конструкційні	Залізобетон (густиною $\rho_0=2500\text{кг/м}^3$) ($\lambda=2.04$)	
λ , Вт/м·К	Змінити λ , Вт/м·К	Товщина, мм	R , м²К/Вт
2,04		220	0,108

Підлога			
Призначення	Тип	Матеріал	
Матеріали конструкційн	Розчини будівельні	Розчин цементно-піщаний (густиною $\rho_0=1800\text{кг/м}^3$) ($\lambda=0$)	
λ , Вт/м·К	Змінити λ , Вт/м·К	Товщина, мм	R , м²К/Вт
0,93		10	0,011
Додати шар			

Стіна цоколю			
Призначення	Тип	Матеріал	
Матеріали конструкційн	Кладка цегляна з повно	Силікатної на цементно-піщаному розчині(густиною $\rho_0=$	
λ , Вт/м·К	Змінити λ , Вт/м·К	Товщина, мм	R , м²К/Вт
0,87		640	0,736
Додати шар			

Перекриття			
Призначення	Тип	Матеріал	
Матеріали конструкційн	Бетони конструкційні	Залізобетон (густиною $\rho_0=2500\text{кг/м}^3$) ($\lambda=2.04$)	
λ , Вт/м·К	Змінити λ , Вт/м·К	Товщина, мм	R , м²К/Вт
2,04		220	0,108
Додати шар			

Рисунок 2.10 – Всі параметри для розрахунку підвалу в програмі E-Audit

2.3.2 Тепловізійне обстеження ліцею № 22

Під час перебування на об'єкті було проведене обстеження тепловізором таких елементів: опалювальні прилади, зовнішні стіни та вікна, ІТП.

Проаналізувавши термограми, що наведені на рисунках 2.11 – 2.13, слід зазначити, що втрати через трубопроводи в теплопункті майже відсутні, наявна гарна ізоляція ІТП (рис 2.13), хоча й спостерігаються втрати тепла на стикових елементах. Прилади опалення, а саме чавунні радіатори типу М-140 (рис. 2.12) не забиті та передають тепло рівномірно. Спостерігаються значні втрати через зовнішні стіни де розташовані радіатори (рис 2.11). Більше термограм наведено в додатку Г.

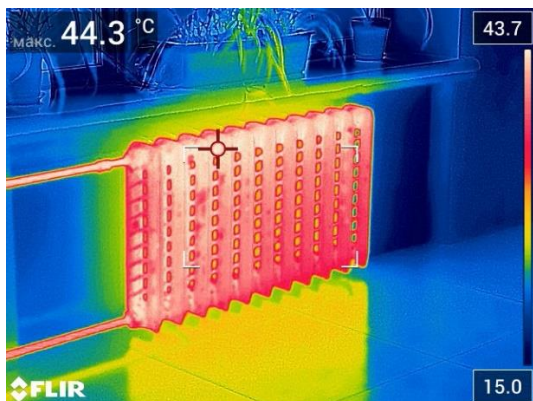


а)

б)

Рисунок 2.11 – Зовнішня стіна з вікнами:

а) тепловізійна зйомка, б) звичайна зйомка



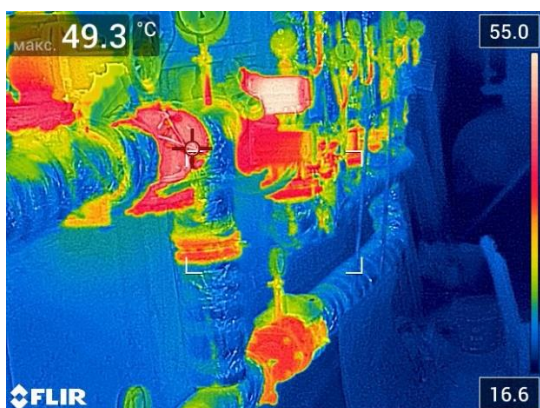
а)



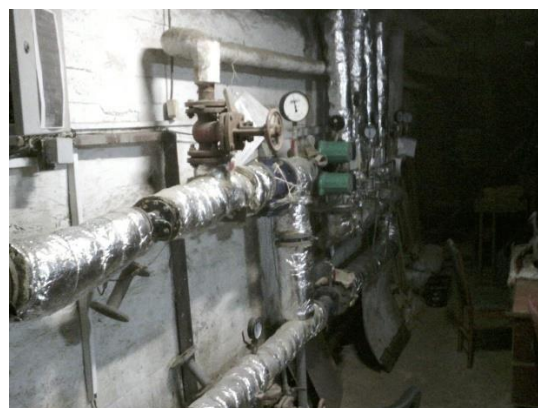
б)

Рисунок 2.12 – Радіатор М-140:

а) тепловізійна зйомка, б) звичайна зйомка



а)



б)

Рисунок 2.13 – ІТП:

а) тепловізійна зйомка, б) звичайна зйомка

2.4 Визначення класу енергоефективності ліцею № 22

2.4.1 Визначення фактичного класу енергоефективності

Для визначення фактичного класу енергоефективності в програмі E-Audit необхідно заповнити всі дані будівлі. На наступних рисунках зображено дані що вносилися в програму.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Теплопередача трансмісією та вентиляцією

черговий режим

опалення



стандартна задана

температура для

опалення



враховувати

охолодження



стандартні зовнішні температури



Задана температура для опалення

17

Внутрішні теплонадходження

Розраховувати теплонадходження за типовими даними (вкл - за дсту, викл - за фактичними даними)

від людей



від освітлення



від обладнання



Утилізація тепла

від ГВП



Еквівалент запірної арматури

враховувати



Рисунок 2.14 – Розділ «Налаштування» в програмі E-Audit

В розділі «Огороджувальні конструкції» вносяться дані огорожувальних конструкцій пофасадно. Для зовнішніх стін вноситься висота, ширина та орієнтація по сторонам світу. Також необхідно занести всі світлопрозорі та дверні огорожувальні конструкції. На рисунку 2.15 зображено приклад заповнення для першого фасаду, для всіх наступних фасадів заповнюються дані аналогічно.

При заповненні горизонтальних огорожувальних конструкцій, таких як дахове перекриття та підвал – вносяться площа (м²) конструкції, а для підвалу також периметр (м). Заповнення даних про горизонтальні огорожувальні конструкції зображено на рисунках 2.16 та 2.17.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Орієнтація: пн Тип стіни: Зовнішні стіни(l Кут затінення: Висота: 7,7 Ширина: 66,76

Некондиціонований об. ☐

Теплопровідні включення ☒ Корируюча поправка ☒

Конструкція	Елемент	Завіси	Засклений балкон/ лоджія/ Тамбур	H	W	Q	S	U
Вікно	Вікно	Постійна завіса відсутня	☐	2	2.2	20	88.00	1.54
Вікно	Вікно	Постійна завіса відсутня	☐	2	1	2	4.00	1.54
Вікно	Вікно	Постійна завіса відсутня	☐	3.38	4.6	4	62.19	1.54
Двері	Двері	Постійна завіса відсутня	☒	2.2	2.65	2	11.66	1.54

Рисунок 2.15 – Заповнення даних фасаду № 1

Тип конструкції: Дахове перекри Площа: 1789.8

Коефіцієнт теплопередачі системи огорожувальних конструкцій:
 $U = 2.933 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$

Некондиціонований об. ☐

Теплопровідні включення ☒ Кориуюча поправка ☒

Рисунок 2.16 – Заповнення даних дахового перекриття

Горизонт

Тип конструкції: Підвал Площа: 533.3 Периметр, м: 158

Теплопровідні включення ☒ Кориуюча поправка ☒

Рисунок 2.17 – Заповнення даних підвалу

Наступним розділом в програмі E-Audit є «Система опалення». Заповнення цього розділу зображено на рисунку 2.18.

Система опалення

% опалювальної площі: 100

Тип джерела: Централізоване

Ефективність джерела, %: 96

Енергопостачальник: Централізоване теплопостачання

Джерело теплозабезпечення: Централізоване теплопостачання з якісним регулюванням зі зрізкою температурного графіку

Тепловий режим приміщення: Постійний тепловий режим

Ефективність нагрівальних поверхонь: Вільнообітні нагрівальні поверхні (радіатори)

Регулювання температури приміщення: ПІ-регулювання

Температурний напір (за температури повітря 20 °C): 60 K (наприклад, 90/70)

Специфічні тепловтрати через зовнішні огороження: Опалювальний прилад встановлено біля внутрішньої стіни

Тип системи: Однотрубна (постійний гідравлічний режим)

Впливовий фактор: Система не налагоджена. Відсутня балансувальна арматура на стояках (горизонтальних)

Система розподілення: Система розподілення | Спрощений розрахунок | Деталізований розрахунок

Середня температура теплоносія, °C: 45,5

Температура оточуючого середовища, °C: 10

довжина трубопроводу, м: 300

Діаметр трубопроводу: 2" (50 mm)

Товщина ізоляції, м: 0,05

Матеріал: Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати

в опалювальному приміщенні: ☐

Рисунок 2.18 – Розділ «Система опалення» фактичний

В розділі «Вентиляція» приймаємо кратність інфільтрації рівною 0,1, кратність природної вентиляції рівною 0,3.

Після внесення всіх фактичних даних можемо отримати сертифікат щодо класу енергоефективності будівлі. Фактичний клас енергоефективності будівлі розрахований за фактичними даними визначений як клас D та наведений на рисунку 2.19. Це є доволі непоганим показником, але в умовах дотримання нормативних температур при постачанні тепла та в самому приміщенні, а також при нормативній вентиляції будівлі клас енергоефективності може відрізнятись від фактичного.

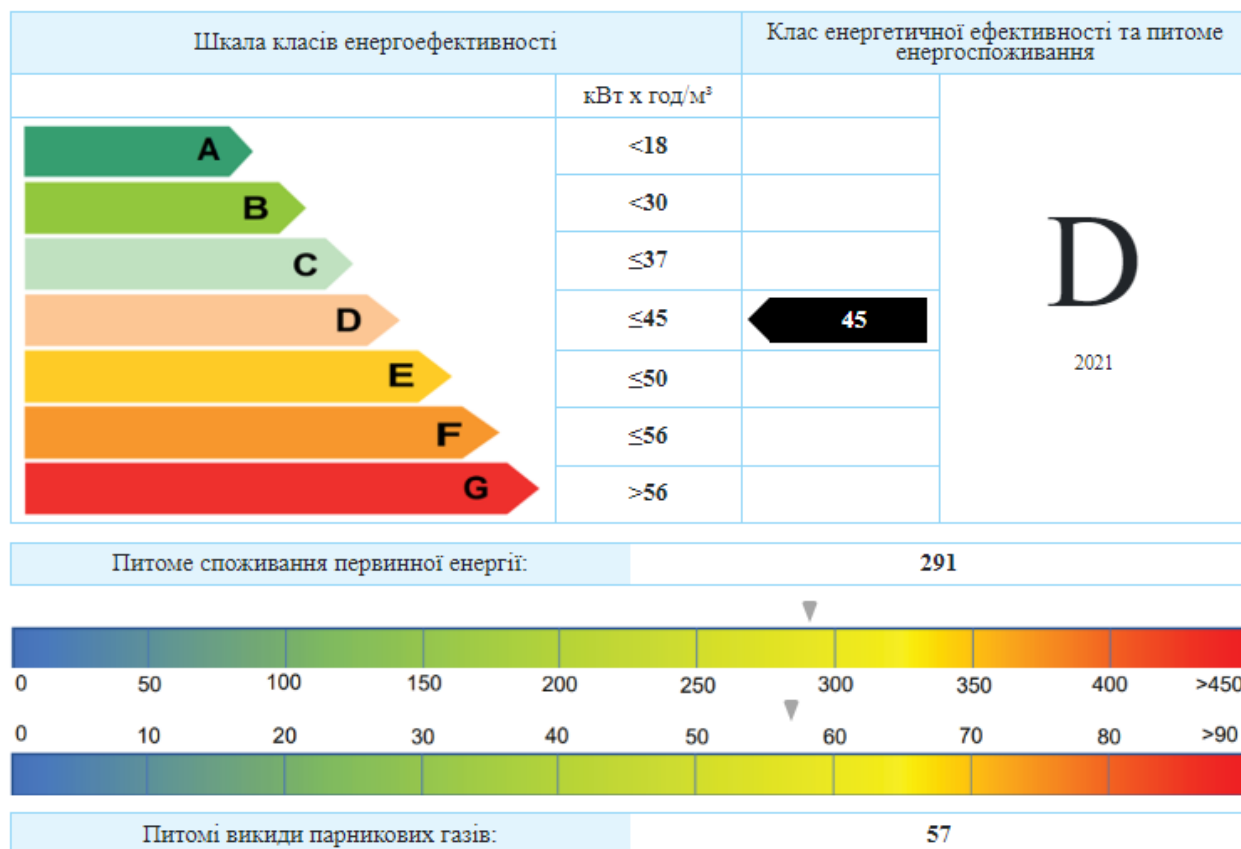


Рисунок 2.19 – Фактичний клас енергоефективності

2.4.2 Визначення базового класу енергоефективності

Для розрахунку та впровадження енергозберігаючих заходів, необхідно провести розрахунок базового класу енергоефективності, який базується на нормативних значеннях.

Від фактичного класу енергоефективності в даному випадку базовий відрізняється температурою подачі теплоносія в систему опалення, якщо фактично вона дорівнює 45,5 °С, то розрахункова температура складає 60 °С. Також в приміщенні не витримується нормативні згідно з [3] 20 °С, а в середньому становить лише 17 °С, що можна побачити за показами логерів, що були встановлені в різних частинах ліцею під час обстеження. Покази логерів за тиждень наведені на наступних рисунках.



Рисунок 2.20 – Температурні коливання в комп'ютерному класі



Рисунок 2.21 – Температурні коливання в музеї ліцею



Рисунок 2.22 Температурні коливання в кабінеті 210



Рисунок 2.23 – Температурні коливання в типовому класі

Після коригування температур в розділі «Вентиляція» замість кратності природної вентиляції запишемо розрахункову, нормативну об'ємну витрату повітря, а саме $25100 \text{ м}^3/\text{год}$. Тепер можемо отримати базовий клас енергоефективності будівлі, який зображено на рисунку 2.24.

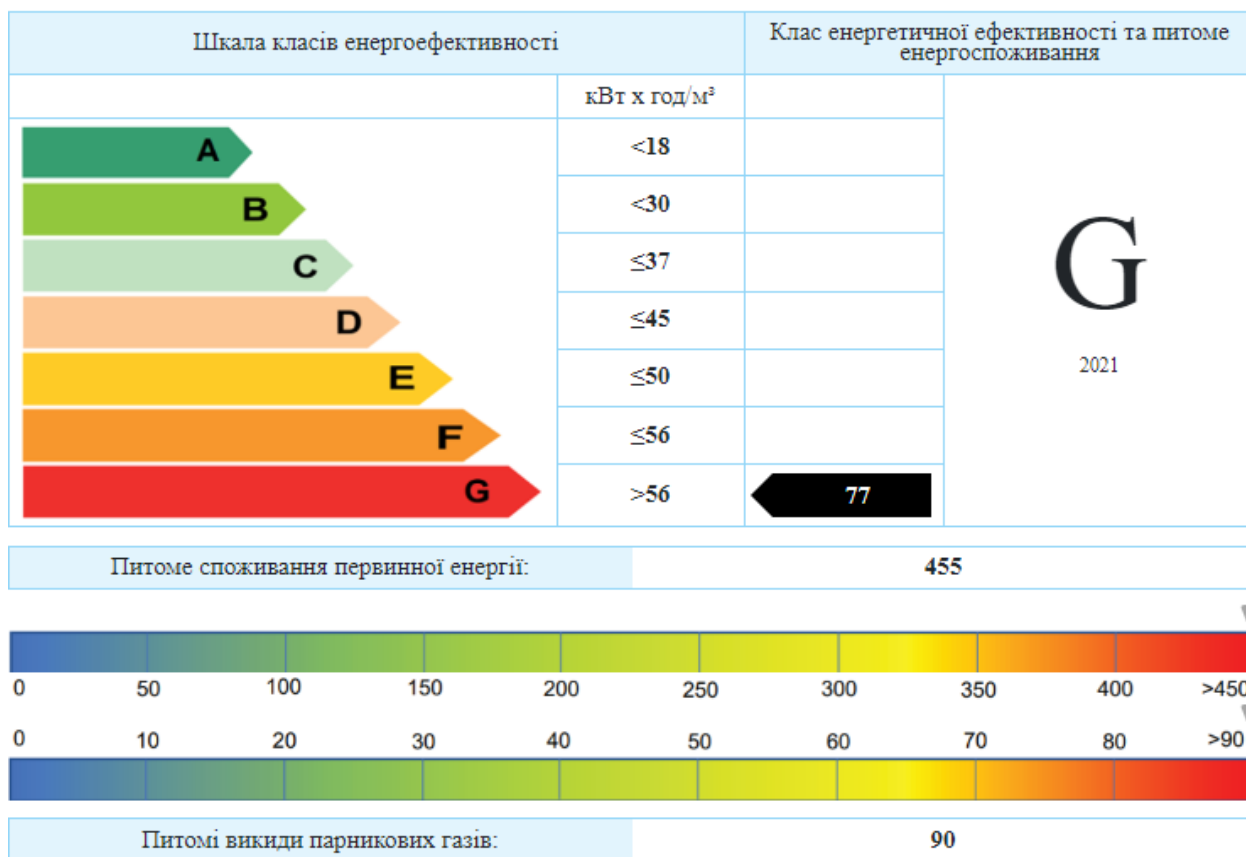


Рисунок 2.24 – Базовий клас енергоефективності ліцею № 22

На основі базових показників розраховуємо всі заходи з підвищення класу енергоефективності будівлі.

2.5 Впровадження енергозберігаючих заходів

2.5.1 Утеплення зовнішніх стін

Теплоізоляція зовнішніх стін не відповідає мінімальним вимогам згідно [1], тому необхідно довести приведений опір теплопередачі до рівня $4 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

1) Визначаємо мінімально допустиме значення товщини ізоляції:

$$\delta_{iz} = \left[R_{q \min} - \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_s} \right) \right] \cdot \lambda_{iz},$$

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)], цегляної кладки будівлі;

$\delta_{i3}, \lambda_{i3}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], ізоляційного шару будівлі, який обираємо;

Для утеплення зовнішньої стіни обираємо вироби з мінеральної вати на основі базальтового волокна з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,047$ Вт/(м·К);

δ_4, λ_4 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], зовнішньої штукатурки будівлі, якою необхідно буде покрити теплоізоляційний шар;

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для зовнішньої стіни відповідно до вимог [1], що обирається за додатком Б залежно від температурної зони розташування міста, додаток В.

$$\delta_{i3} = \left[4 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,23} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,02}{0,23} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,047 = 0,145 \text{ м.}$$

Після підрахунку результат потрібно округлити до значень, що відповідають існуючим на ринку теплоізоляційних матеріалів: 100 мм, 120 мм, 150 мм, 170 мм, 200 мм, 250 мм. Приймаємо товщину ізоляції 150 мм = 0,15 м.

2) Визначимо опір теплопередачі зовнішньої стіни після утеплення за наступною формулою:

$$\begin{aligned} R_{\text{ум.ЗС}} &= \left(\frac{1}{\alpha_6} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \right) = \left(\frac{1}{\alpha_6} + \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) + \frac{1}{\alpha_3} \right) = \\ &= \left(\frac{1}{8,7} + \left(\frac{0,02}{0,23} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,15}{0,047} + \frac{0,02}{0,23} \right) + \frac{1}{23} \right) = 4,11 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}. \end{aligned}$$

Порівняльний аналіз опору теплопередачі зовнішніх стін після теплоізоляції з нормативним значення:

$$R_{\text{ум.ЗС}} \geq R_{q \min} \Rightarrow 4,11 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} > 4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3) Зменшення тепловтрат через непрозорі огорожувальні конструкції знаходимо за допомогою програми E-Audit [5]:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ум.3C}} = 120514,9 \text{ кВт} = 103,62 \text{ Гкал}.$$

4) Річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ум.3C}} \cdot T = 103,62 \cdot 1661,74 = 172189,5 \text{ грн/рік}.$$

5) Простий термін окупності враховує необхідні інвестиції для реалізації заходу та річну економію грошових витрат:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} = \frac{3136800}{172189,5} = 18,22 \text{ роки},$$

де I – необхідні інвестиції для реалізації заходу, [грн], що включають витрати на матеріали та будівельно-монтажні роботи та інші витрати, які приймаються 3000 грн/м². Загальна площа зовнішніх стін складає 1045,6 м².

$$I = 3000 \cdot 1045,6 = 3136800 \text{ грн}.$$

2.5.2 Утеплення дахового перекриття

Як і зовнішні стіни, теплозахисні властивості даху ліцею не відповідають вимогам [1], тому пропонується впровадження заходу з утеплення дахового перекриття.

1) Знаходимо мінімально допустиме значення товщини ізоляції дахового перекриття, [м]:

$$\delta_{i3} = \left[R_{q \text{ min}} - \left(\frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right] \cdot \lambda_{i3},$$

де δ_1, λ_1 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], залізобетонних плит перекриття;

δ_2, λ_2 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], складного розчину (стяжки);

$\delta_{i3}, \lambda_{i3}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], ізоляційного шару будівлі, який обираємо;

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Для утеплення дахового перекриття обираємо вироби з мінеральної вати на основі базальтового волокна з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,052 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

δ_d, λ_d – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], листів руберойду;

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для суміщеного покриття, що межує з зовнішнім повітрям відповідно до вимог [1], що обирається за додатком Б залежно від температурної зони розташування міста, додаток В.

$$\delta_{iz} = \left[7 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,05}{0,87} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,052 = 0,346 \text{ м.}$$

Після підрахунку приймаємо товщину ізоляції 0,35 м.

2) Опір теплопередачі суміщеного покриття після утеплення $[\text{м}^2\cdot\text{К/Вт}]$:

$$R_{\text{ym.d}} = R_d + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} = 0,341 + \frac{0,35}{0,052} = 7,07 \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}.$$

3) Зменшення тепловтрат після утеплення дахового перекриття знаходимо за допомогою програми E-Audit:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ym.d}} = 609507 \text{ кВт} = 524,1 \text{ Гкал.}$$

4) Річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ym.d}} \cdot T = 524,1 \cdot 1661,74 = 870917,9 \text{ грн/рік.}$$

5) Простий термін окупності враховує необхідні інвестиції для реалізації заходу та річну економію грошових витрат:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} = \frac{7159200}{870918} = 8,22 \text{ роки,}$$

де I – необхідні інвестиції для реалізації заходу, [грн], що включають витрати на матеріали та будівельно-монтажні роботи та інші витрати, які приймаються 4000 грн/м². Загальна площа даху складає 1789,8 м².

$$I = 4000 \cdot 1789,8 = 7159200 \text{ грн.}$$

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

2.5.3 Встановлення балансуєчої арматури

Наявна система опалення не має балансувальних клапанів на стояках, отже має місце перевитрата або нестача тепла в окремих ділянках системи опалення. Пропонується встановити балансувальні клапани, з метою дотримання балансу в системі.

Для розрахунку економії теплової енергії за рахунок впровадження цього заходу скористаємось програмою E-Audit [5].

За показами програми після встановлення балансувальних клапанів та балансування всієї системи опалення економія енергії складає:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{БК}} = 24649 \text{ кВт} = 21,19 \text{ Гкал}.$$

Тоді річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{БК}} \cdot T = 21,19 \cdot 1661,74 = 35212 \text{ грн/рік}.$$

Простий термін окупності враховує необхідні інвестиції для реалізації заходу та річну економію грошових витрат:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} = \frac{51854}{35212} = 1,47 \text{ роки},$$

де I – необхідні інвестиції для реалізації заходу, [грн], що включають витрати на матеріали та монтажні роботи за даними сума матеріалів складає 50105 грн, а сума монтажу складе 1749 грн.

2.5.4 Утеплення перекриття над підвалом

Пропонується здійснити утеплення перекриття над неопалювальним підвалом, з нанесенням додаткового шару штукатурки: складний розчин, товщиною 0,01 м. Після впровадження даного заходу опір теплопередачі перекриття над підвалом повинен складати більше $5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, згідно до [1].

1) Знаходимо мінімально допустиме значення товщини ізоляції перекриття над неопалювальним підвалом за формулою:

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{iz} = \left[R_{q \min} - \left(R_{\Pi} + \frac{\delta_{um}}{\lambda_{um}} \right) \right] \cdot \lambda_{iz} = \left[5 - \left(0,4 + \frac{0,01}{0,87} \right) \right] \cdot 0,047 = 0,215 \text{ м},$$

де R_{Π} – опір теплопередачі існуючого перекриття підвалу, $[\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}]$, що визначено раніше та занесено до таблиці 2.1;

δ_{iz} , λ_{iz} – відповідно товщина, $[\text{м}]$, та коефіцієнт теплопровідності, $[\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})]$, ізоляційного шару. Приймаємо за матеріал утеплення вироби з мінеральної вати на основі базальтового волокна густиною $\rho_{iz} = 75 \text{ кг}/\text{м}^3$ з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,047 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

δ_{um} , λ_{um} – відповідно товщина, $[\text{м}]$, та коефіцієнт теплопровідності, $[\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})]$, шару штукатурки із складного розчину;

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для перекриття над неопалювальним підвалом відповідно до вимог [1], що обирається за додатком Б залежно від температурної зони розташування міста.

Приймаємо товщину ізоляції 200 мм.

2) Опір теплопередачі перекриття над неопалювальним підвалом після утеплення $[\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}]$ визначимо за формулою:

$$R_{\text{ym.}\Pi} = R_{\Pi} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{\delta_{um}}{\lambda_{um}} = 0,4 + \frac{0,2}{0,047} + \frac{0,01}{0,87} = 4,67 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Опір теплопередачі вийшов менше за мінімальні вимоги, але допустимим, більший шар теплоізоляції приймати не доцільно.

3) Зменшення тепловтрат після утеплення перекриття над підвалом знаходимо за допомогою програми E-Audit:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ym.}\Pi} = 13841 \text{ кВт} = 11,9 \text{ Гкал}.$$

4) Річна економія грошових витрат, $[\text{грн}/\text{рік}]$:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ym.}\Pi} \cdot T = 11,9 \cdot 1661,74 = 19775 \text{ грн}/\text{рік}.$$

5) Простий термін окупності враховує необхідні інвестиції для реалізації заходу та річну економію грошових витрат:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} = \frac{1066600}{19774,7} = 54 \text{ роки},$$

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

де I – необхідні інвестиції для реалізації заходу, [грн], що включають витрати на матеріали та будівельно-монтажні роботи та інші витрати, які приймаються 2000 грн/м². Загальна площа підвалу складає 533,3 м².

$$I = 2000 \cdot 533,3 = 1066600 \text{ грн.}$$

З фінансової точки зору захід не є привабливим, але слід враховувати, що в закладі навчаються діти, тому в разі впровадження цього заходу в деякій частині будівлі підлога буде більш теплою.

2.5.5 Встановлення системи вентиляції

В будівлі запроектована система припливно-витяжної вентиляції, але вже тривалий час не використовувалась. Пропонується встановлення припливно-витяжної системи вентиляції з рекуперацією тепла.

Продуктивність однієї вентиляційної установки складає 1200 м³/год, а розрахункова нормативна об'ємна витрата за [6] складає 25100 м³/год.

Для розрахунку економії теплової енергії за рахунок впровадження цього заходу скористаємось програмою E-Audit [5].

За показами програми після облаштування вентиляційної системи економія теплової енергії складає:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{вент}} = 194712,2 \text{ кВт} = 167,42 \text{ Гкал.}$$

Тоді річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{вент}} \cdot T = 167,42 \cdot 1661,74 = 278208,5 \text{ грн/рік.}$$

Простий термін окупності враховує необхідні інвестиції для реалізації заходу та річну економію грошових витрат:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} = \frac{1889838}{278209} = 6,79 \text{ роки,}$$

де I – необхідні інвестиції для реалізації заходу, [грн], що включають витрати на самі установки, шумоглушники, анемостати, дросель-клапани та додаткові матеріали та повітропроводи, а також монтаж всього обладнання.

Кінцева вартість встановлення складає 1889838 грн.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Економія кожного заходу з енергозбереження залежить від інших заходів, отже в разі впровадження комплексу заходів, економія теплової енергії кожного з них збільшиться.

Пропонується виділити найбільш швидкоокупні заходи та занести їх до пакету заходів «Рекомендований». Перелік заходів даного пакету занесені в таблицю 2.2, клас енергоефективності після впровадження пакету заходів «Рекомендований» зображено на рисунку 2.25.

Таблиця 2.2 – Пакет заходів «Рекомендований»

Перелік заходів	Загальна економія, кВт·год/рік	Інвестиції, грн	Термін окупності, рік
Утеплення зовнішніх стін	141948	3136800	15,47
Утеплення суміщеного покриття	608399	7159200	8,23
Встановлення балансуєчого обладнання	12777	51854	2,84
Σ	763123	10347854	

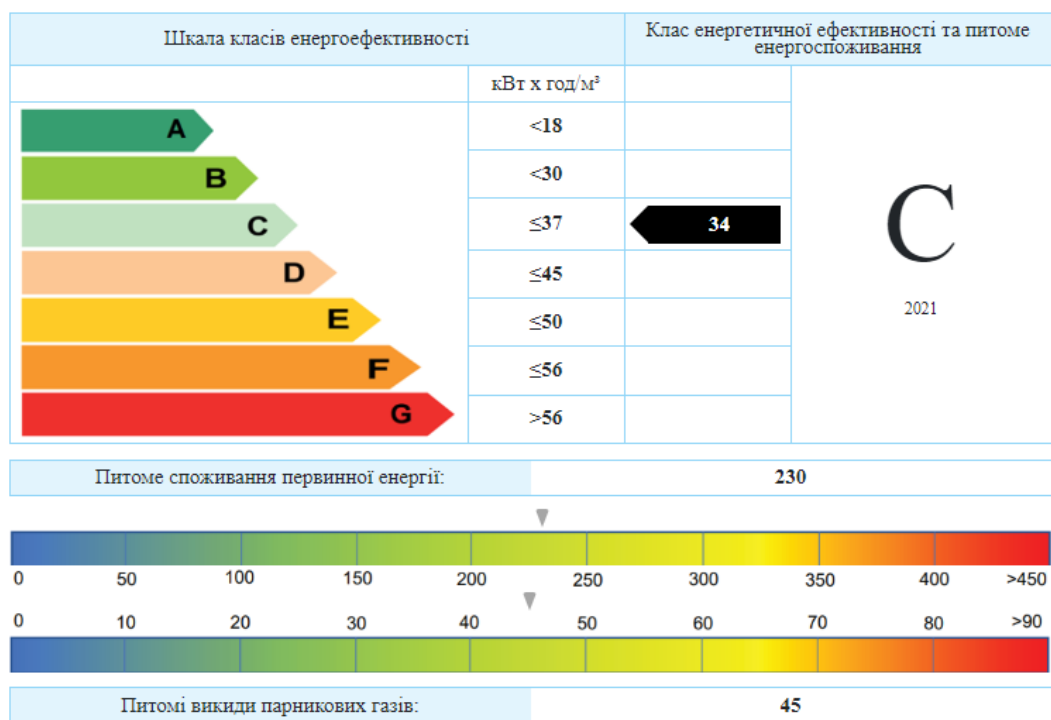


Рисунок 2.25 – Клас енергоефективності після впровадження пакету заходів «Рекомендований»

Також розрахуємо «Повний» пакет заходів, тобто впровадження всіх заходів енергозбереження та занесемо значення до таблиці 2.3, клас енергоефективності зображений на рисунку 2.26.

Таблиця 2.3 – Пакет заходів «Повний»

Перелік заходів	Загальна економія, кВт·год/рік	Інвестиції, грн	Термін окупності, рік
Утеплення зовнішніх стін	153476	3136800	14,3
Утеплення суміщеного покриття	657809	7159200	7,62
Встановлення балансууючого обладнання	14107	51854	2,57
Встановлення системи вентиляції	122666	1889838	10,78
Теплоізоляція підвального перекриття	25500	1066600	29,27
Σ	973558	13304292	

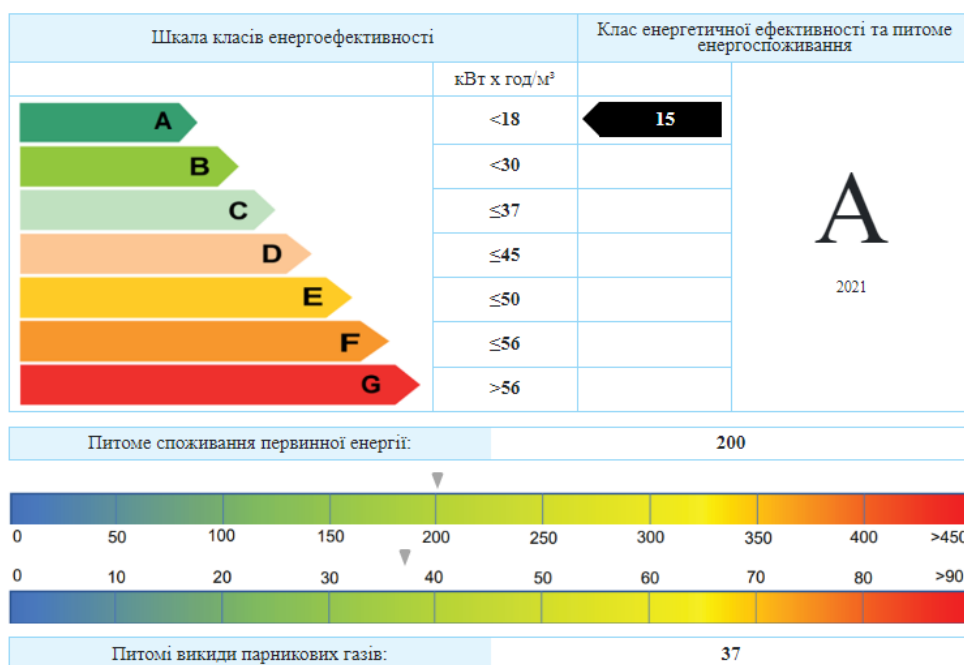


Рисунок 2.26 – Клас енергоефективності після впровадження пакету заходів «Повний»

Висновки до розділу

Був проведений розрахунок фактичних теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій ліцею №22.

Виявлено значні відхилення від норм термічного опору стін, даху та перекриття над неопалювальним підвалом.

Світлопрозорі конструкції та двері не відповідають мінімальним вимогам, але є допустимими.

Система опалення не збалансована, тому запропонований захід з встановлення балансуючих клапанів.

Радіатори не потребують промивки, тому що при тепловій зйомці зашлакування не виявлено.

Фактичний клас енергоефективності «D», визначений за допомогою програмою E-Audit, базовий клас енергоефективності «G», значно гірший, через те що нормативні значення температури в приміщені та температура подачі на опалення не витримуються.

Після впровадження пакету заходів «Рекомендований» клас енергоефективності підіймається до «C», а якщо впровадити всі запропоновані заходи, то клас енергоефективності будівлі буде «A».

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Схема зовнішнього електропостачання об'єкту

Живлення електричною енергією ліцею №22 м. Чернігова здійснюється від ТП – 250 двома кабельними лініями ААБ 3х185 та 2ААШВ 3х120. Кабель прокладено під землею довжиною 45м.

Схема електропостачання об'єкта дослідження відповідає вимогам чинних нормативних документів, що регламентують вимоги щодо забезпечення надійності електропостачання. Ліцей, як заклад освіти належить до II категорії електроприймачів.

Електроприймачі II категорії необхідно забезпечувати електроенергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення.

Для електроприймачів II категорії в разі порушення електропостачання від одного з джерел живлення переривання електропостачання є допустимим на час, необхідний для увімкнення резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади. [7]

Точка балансової належності електромереж знаходиться безпосередньо на вимикачах ГРЩ ліцею. Усі елементи схеми знаходяться в задовільному робочому стані. Клас напруги – Б1, тарифна група – I, вид тарифу – загальнодобовий.

3.2 Схема внутрішнього електропостачання об'єкту

Розподільне устаткування, що знаходиться в ліцеї перебуває в справному стані. Однолінійна схема закладу освіти складається з двох частин:

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ				
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Белик С.Р.			Електротехнічна частина		Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Білоус І.Ю.						48	22
Реценз.				ІАТЕ, ОТ-п01					
Н. Контр.		Шкляр В.І.							
Затвер.									

розподільчий силовий щит, розподільчий щит освітлення. Також, схемою передбачені резервні лінії для підключення додаткового резервного навантаження. Далі на рисунках 3.1-3.2 зображені схема розподільчого силового щита та схема розподільчого щита освітлення.

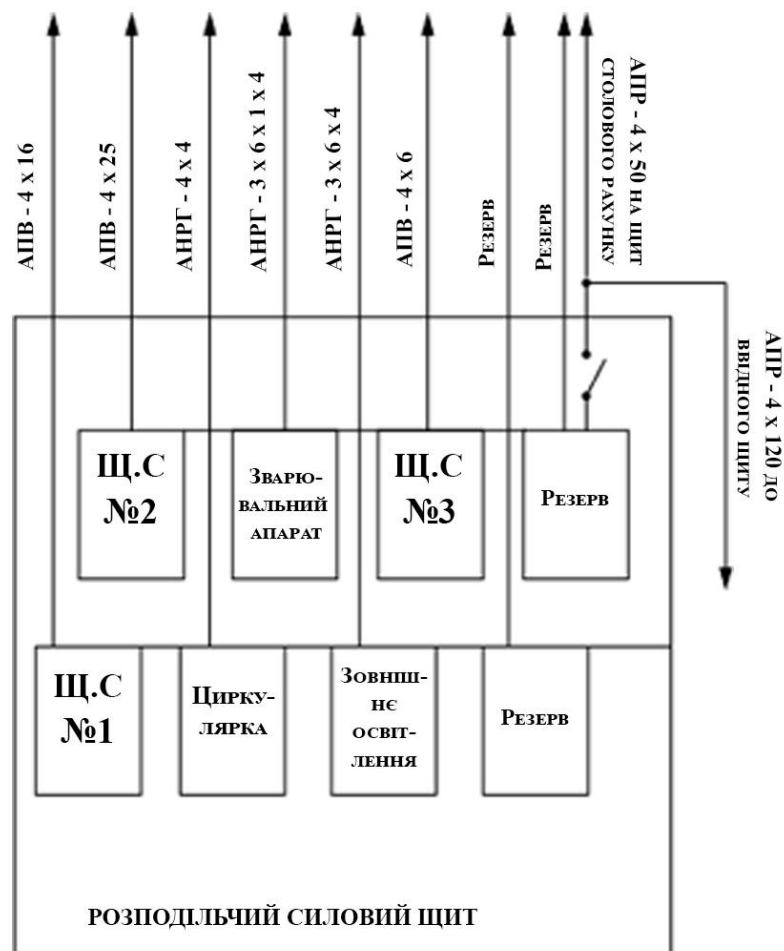


Рисунок 3.1 – Схема розподільчого силового щита

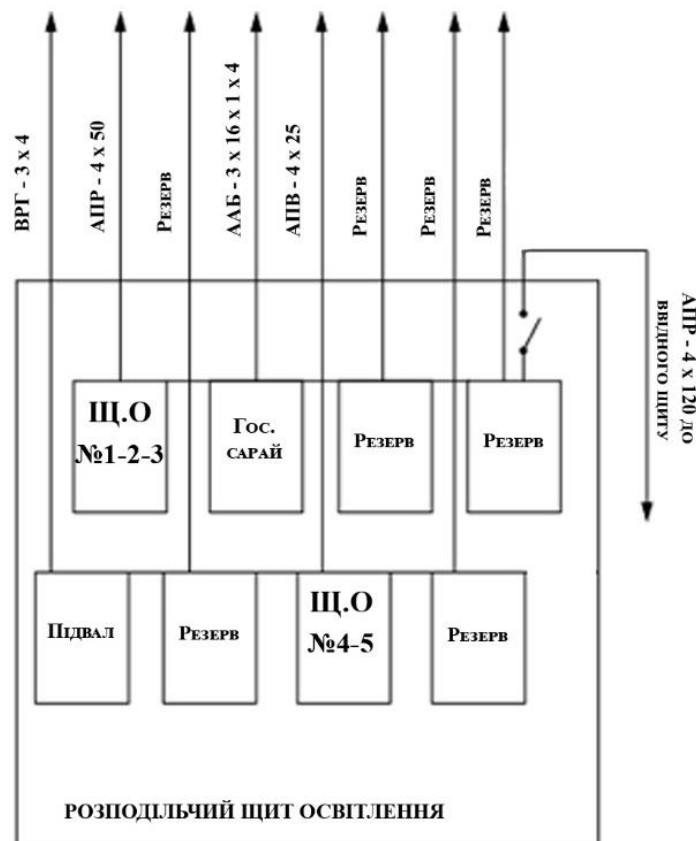


Рисунок 3.2 – Схема розподільчого щита освітлення

3.3 Характеристика основних споживачів електроенергії на об'єкті

Під час енергетичного обстеження розглядалися такі основні групи споживачів електроенергії: освітлення, кухонне обладнання, учбове обладнання. Більшість споживачів має номінальну напругу 220 В, крім деякого кухонного обладнання. Енергетичні характеристики споживачів електроенергії наведені в таблицях 3.1 - 3.4.

Таблиця 3.1 – Енергетичні характеристики системи внутрішнього освітлення

Внутрішні освітлювальні прилади	Потужн. ламп (Вт)	К-сть ламп. (шт)	Всього (кВт)	Тип управління
Люмінісцентні лампи	18	535	9,63	Ручне
Люмінісцентні лампи	40	200	8	Ручне

Таблиця 3.2 – Енергетичні характеристики системи зовнішнього освітлення

Зовнішні освітлювальні прилади	Потужн. ламп (Вт)	К-сть ламп. (шт)	Всього (кВт)	Тип управління
LED Лампи	18	9	0,162	Ручне
Флуоресцентні лампи	18	3	0,054	Ручне

Таблиця 3.3 – Енергетичні характеристики кухонного обладнання

Кухонне обладнання	К-ть (шт.)	Потужн. одиниці,Вт	Загальн. потужн. (кВт)	Період роботи (год/тижд.)
Плита	1	25500	25,5	30
Холодильник	4	20	0,08	168
Міксер	1	750	0,75	20
Шафа жарочна	1	11000	11	15
Овочерізка	1	750	0,75	5
М'ясорубка	1	850	0,85	10
Електросковорідка	1	9500	9,5	20
Картоплечистка	1	750	0,75	10
Електрокип'ятильник	1	2400	2,4	15

Таблиця 3.4 – Енергетичні характеристики навчального обладнання

Навчальне обладнання	К-ть (шт.)	Потужн. одиниці, Вт	Загальн. потужн. (кВт)	Період роботи (год/тижд.)
Комп'ютер	62	350	21,7	25
Копіювальна машина	8	350	2,8	20
Телевізор	8	65	0,52	20
Проектор	30	200	6	15

Найбільш енергоємне обладнання встановлене на кухні. В період літніх канікул потреба в споживачах електроенергії значно спадає, тому більшість приладів відключаються від мережі та не використовуються.

3.4 Розрахунок навантажень споживачів

Оцінимо електричне навантаження ліцею за рахунок співставлення розрахункового та фактичного значень цього показника.

Далі розглянемо нормальний режим електропостачання закладу освіти. Відповідно до наведеної вище однолінійної схеми електропостачання, ліцей отримує електричну енергію від двох кабельних ліній.

Розрахуємо навантаження одного споживача електроенергії на прикладі жарочної шафи. Для всіх інших споживачів проведемо аналогічний розрахунок. Результати розрахунку приведені в таблиці 3.5.

Сумарна потужність споживача електричної енергії визначається за формулою:

$$\sum P_{\text{н.}\Sigma} = \sum P_{\text{н.}i} \cdot n,$$

де $P_{\text{н.}i}$ – потужність одного електроспоживача, кВт;

n – кількість подібних електроспоживачів.

Підставивши у формулу відповідні числові значення, отримаємо:

$$\sum P_{\text{жш.н.}\Sigma} = 1 \cdot 11 = 11 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Розрахункова активна та реактивна потужність, визначається за формулами:

$$P_p = P_{н.Σ} \cdot k_b,$$

$$Q_p = P_p \cdot tg\varphi,$$

де k_b – коефіцієнт використання встановленої потужності;

$tg\varphi$ – довідкове значення коефіцієнта реактивної потужності. Відповідно до технічного паспорту жарочної шафи, $tg\varphi=0,46$.

Розрахункова активна та реактивна потужність жарочної шафи згідно попередніх формул становитиме:

$$P_{ж.ш.р} = 11 \cdot 0,6 = 6,6 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$Q_{ж.ш.р} = 6,6 \cdot 0,46 = 3,036 \text{ квар}.$$

Повне навантаження холодильника розрахуємо за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}.$$

Підставивши у формулу (3.4) відповідні значення, отримаємо:

$$S_{ж.ш.р} = \sqrt{6,6^2 + 3,036^2} = 7,26 \text{ кВА}.$$

Аналогічний розрахунок проводиться для кожного електроспоживача.

Таблиця 3.5 – Розрахункове навантаження споживачів, що знаходяться у ліцеї №22

Найменування електроприймача	n, шт.	$P_{ні}$, кВт	k_b	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	P_p , кВт	Q_p , квар
1	2	3	4	5	6	7	8
Насос теплопункту	1	0,35	1	0,93	0,4	0,35	0,14
Люмінісцентні лампи	535	0,018	0,5	0,92	0	4,815	0
Люмінісцентні лампи	200	0,04	0,4	0,92	0	3,2	0
LED Лампи	9	0,018	0,4	0,98	0	0,065	0
Флуоресцентні лампи	3	0,018	0,4	0,92	0	0,022	0
Плита	1	25,5	0,4	0,94	0,36	10,2	3,672
Холодильник	4	0,02	0,6	0,8	0,75	0,048	0,036
Міксер	1	0,75	0,9	0,7	0,62	0,675	0,419
Шафа жарочна	1	11	0,6	0,91	0,46	6,6	3,036
Овочерізка	1	0,75	0,8	0,85	0,62	0,6	0,372
М'ясорубка	1	0,85	0,8	0,85	0,62	0,68	0,422

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				53

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Електросковорідка	1	9,5	0,7	0,95	0,33	6,65	2,195
Картоплечистка	1	0,75	0,8	0,85	0,62	0,6	0,372
Електрокип'ятильник	1	2,4	1	0,95	0,33	2,4	0,792
Комп'ютер	62	0,35	0,4	0,95	0,33	8,68	2,864
Копіювальна машина	8	0,35	0,3	0,95	0,33	0,84	0,277
Телевізор	8	0,065	0,2	0,95	0,33	0,104	0,034
Проектор	30	0,2	0,3	0,95	0,33	1,8	0,594

Перевірка кабелю за значенням допустимого струму завжди проводиться для двох режимів: нормального та після-аварійного. Розглянемо після-аварійний режим: один з трансформаторів вийшов з ладу, спрацьовує система резервного живлення і все навантаження ліцею №22 живиться від одного трансформатора.

Сумарне значення повної потужності об'єкта розрахуємо за формулою:

$$S_{\Sigma p} = \sqrt{P_{\Sigma p}^2 + Q_{\Sigma p}^2},$$

де $P_{\Sigma p}$ та $Q_{\Sigma p}$ – сумарна активна та реактивна потужності ділянок, що живляться від справного трансформатора під час аварії.

Підставивши у формулу відповідні значення, отримаємо:

$$S_{\Sigma p} = \sqrt{48,33^2 + 15,22^2} = 50,67 \text{ кВА.}$$

Відомо, що $\tan \varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності, це співвідношення реактивної енергії до активної. Фактичне значення цього показника для ліцею №22 визначимо за формулою:

$$\tan_{\text{факт}} \varphi = \frac{Q_{\Sigma p}}{P_{\Sigma p}}.$$

Підставивши у формулу відповідні числові значення, отримаємо:

$$\tan_{\text{факт}} \varphi = \frac{15,22}{48,33} = 0,315.$$

Характеристики кабелю марки ААШВ 3х120:

— максимально допустимий струм кабелю $I_{\text{доп.}} = 218 \text{ А};$

— активний опір жил кабелю $r_0 = 0,258 \text{ Ом/км.}$

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			54

Розрахунковий струм у кабельній лінії визначається за формулою, А:

$$I_{\text{п/а. р.}} = \frac{S_{\Sigma \text{р.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}},$$

$$I_{\text{п/а. р.}} = \frac{50,67}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 76,99 \text{ А.}$$

Перевіримо за умовою:

$$\frac{I_{\text{п/а. р.}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} < I_{\text{доп.}},$$

де K_1 , K_2 та K_3 – коефіцієнти, що враховують умови прокладання, відстань між кабелями та тривалість перевантаження відповідно, приймаємо $K_1 = 1,0$, $K_2 = 0,9$ та $K_3 = 1,3$.

$$\frac{76,99}{1 \cdot 0,9 \cdot 1,3} = 65,8 < I_{\text{доп.}} = 218 \text{ А.}$$

Умова виконується.

Визначимо допустимі втрати напруги в лінії, при умові, що згідно [23] її допустима величина в п/а режимі становить $\Delta U_{\text{доп. п/а}} = 10\%$, за формулою:

$$\Delta U = \frac{10^5 \cdot r_0 \cdot P_{\text{р.}} \cdot l}{U_{\text{н}}^2},$$

де l – довжина кабелю, $l = 45$ м;

$$\Delta U = \frac{10^5 \cdot 0,258 \cdot 48,33 \cdot 0,045}{380^2} = 0,39 < 10\%.$$

Умова виконується.

Далі співставимо розрахункові значення потужності з нормативними для загальноосвітніх закладів, що регламентуються [8].

Загальна активна потужність загальноосвітнього закладу визначається за формулою:

$$\sum P_{\text{лн.і}} = p_{\text{н.і}} \cdot n,$$

де $p_{н.і}$ – питома величина потужності на одного учня, кВт/учень. Для загальноосвітніх закладів з електрифікованими їдальнями та спортзалами $p_{н.і} = 0,25$ кВт/учень;

n – кількість учнів, яка навчається у школі – 1141.

Підставивши відповідні числові значення, отримаємо:

$$\sum P_{сзш} = 0,25 \cdot 1141 = 152,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Нормативне значення активної потужності в 3 рази вище за її фактичний показник, кабельна лінія розрахована на значно більше значення потужності закладу, що може бути підключено до трансформаторної підстанції. В майбутньому цей фактор можна буде використовувати для забезпечення кращої якості організації навчального процесу, а саме збільшити використання мультимедійних та цифрових технологій та інше.

3.5 Складання балансу споживання електричної енергії

Для розрахунку балансу споживання співставимо розрахункове використання електроенергії споживачами з фактичними показами лічильників. Занесемо дані споживачів, а саме: потужність, час роботи та коефіцієнт використання в таблицю 3.6.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Таблиця 3.6 – Дані використання споживачів, що знаходяться у ліцеї №22

Найменування електроприймача	n , шт.	$P_{ні}$, кВт	k_v	$P_{заг}$, кВт	T , год/тижд
Насос теплопункту	1	0,69	1	0,69	168
Люмінісцентні лампи	535	0,018	0,5	4,815	30
Люмінісцентні лампи	200	0,04	0,4	3,2	30
LED Лампи	9	0,018	0,4	0,065	77
Флуоресцентні лампи	3	0,018	0,4	0,022	77
Плита	1	25,5	0,4	10,2	30
Холодильник	4	0,02	0,6	0,048	168
Міксер	1	0,75	0,9	0,675	20
Шафа жарочна	1	11	0,6	6,6	15
Овочерізка	1	0,75	0,8	0,6	5
М'ясорубка	1	0,85	0,8	0,68	10
Електросковорідка	1	9,5	0,7	6,65	20
Картоплечистка	1	0,75	0,8	0,6	10
Електрокип'ятильник	1	2,4	1	2,4	15
Комп'ютер	62	0,35	0,3	6,51	25
Копіювальна машина	8	0,35	0,3	0,84	20
Телевізор	8	0,065	0,2	0,104	20
Проектор	30	0,2	0,3	1,8	15

Споживання електроенергії обладнанням визначимо за формулою:

$$W_{обл} = n \cdot P_{н} \cdot K_{е} \cdot T,$$

де n – кількість обладнання, шт;

$P_{н}$ – номінальна потужність споживача, кВт;

$K_{е}$ – коефіцієнт використання;

T – час роботи в тиждень., год/тижд.

Визначимо споживання на прикладі телевізору. Споживання обладнання за призначенням наведено в таблиці 3.7, та зображено на рисунку 3.3.

$$W_{обл} = 8 \cdot 0,065 \cdot 0,2 \cdot 20 = 2,08 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Таблиця 3.7 – Річне споживання електрообладнання

Найменування типу	$W_{обл}$, кВт
Насос	2318,4
Внутрішнє освітлення	8656,2
Зовнішнє освітлення	239,5
Кухонне обладнання	22138,1
Навчальне обладнання	7510,7

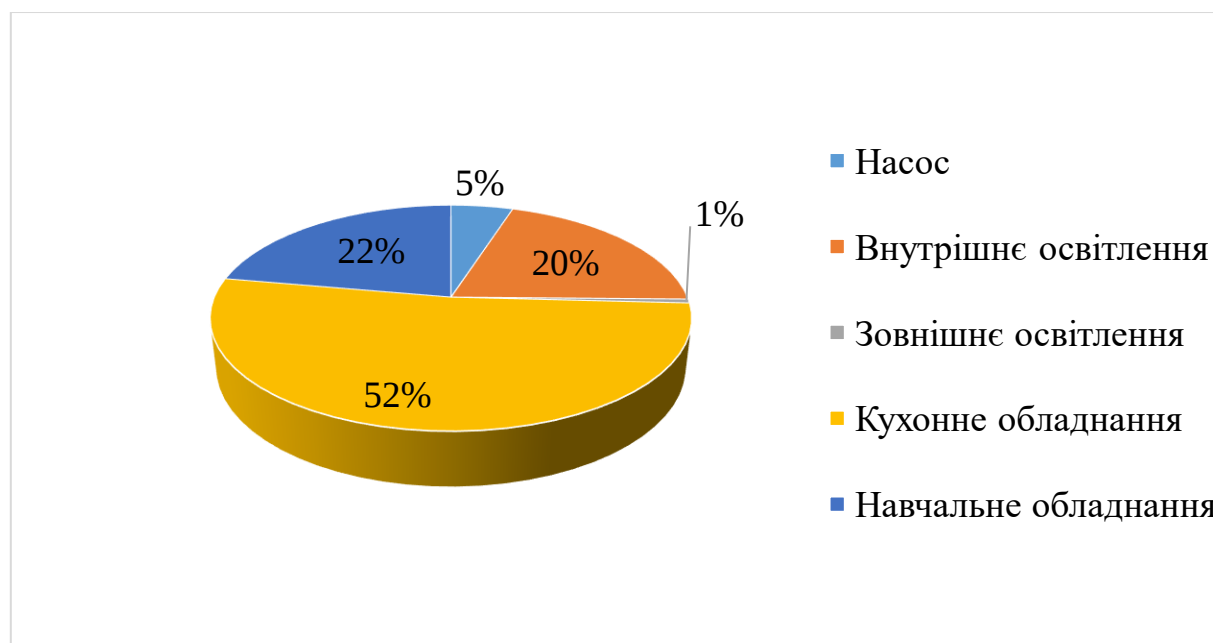


Рисунок 3.3 – Баланс споживання електричної енергії

Проведемо порівняльний аналіз розрахункового балансу споживання та середньорічних показів лічильника за період 2019-2021 рр. Витрати електроенергії за 2019 р. складають 39818 кВт·год, за 2020 р. 29571 кВт·год, за 2021 р. – 40178 кВт·год. Як бачимо, за 2020 рік, витрата електричної енергії значно менша за інші роки, це пов'язано з пандемією, отже дані за цей рік не можна враховувати в розрахунках.

Розрахуємо середнє значення фактичних витрат електроенергії:

$$W_{факт} = \frac{39818 + 40178}{2} = 39998 \text{ кВт}.$$

Порівняємо з розрахунковим значенням:

$$\Delta W = 40862,9 - 39998 = 864,9 \text{ кВт}.$$

Отже похибка розрахунків складає 2,11%, що менше за максимально допустиме значення.

3.6 Облік споживання електроенергії

Лічильники для обліку електричної енергії встановлені в приміщенні щитової, а саме в підвалі поруч з вестибюлем. Лічильники, що використовуються вироблені фірмою NIK, модель 2301 АПЗ. Перетікання реактивної енергії не фіксуються.

Лічильник відповідає вимогам [9]. Лічильник застосовується для обліку електричної енергії в будь яких галузях. Прилад обліку занесений до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, допущених до застосування в Україні під номером У2299-13. Технічні характеристики даного лічильника занесені до таблиці 3.8.[22]

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики лічильника NIK 2301 АПЗ

Параметр	Характеристика
Клас точності за ДСТУ ІЕС 62053-21	1,0
Номінальна напруга, U_n , В	3х220/380
Допустимі відхилення напруги, % від U_n	від мінус 20 до плюс 15
Номінальна сила струму, I_n , А	5
Максимальна сила струму, $I_{\text{макс}}$, А	120
Номінальна частота, Гц	50
Чутливість, мА	12,5
Споживана потужність:	
- в колах напруги, В·А (Вт);	не більше 10 (2)
- в колах струму ($I = I_n$)	не більше 0,05
Кількість розрядів лічильного пристрою	6+1
Міжповірочний інтервал	16 років
Габаритні розміри:	
- без кронштейна	208 мм × 170 мм × 84 мм
- з кронштейном	314 мм × 170 мм × 84 мм

3.7 Заходи з енергозбереження

3.7.1 Заміна на кухні застарілої електричної плити на нову енергоефективну

На кухні ліцею №22 наявна застаріла електрична плита (рис. 3.4), що слугує для приготування їжі. Енергетичні характеристики наявної плити наведено в таблиці 3.9. Технічний стан – зношений, морально застарілий. Енергоспоживання – значне.

Таблиця 3.9 – Енергетичні характеристики наявної електричної плити

Обладнання	К-ть (шт.)	Потужн. одиниці, Вт	Загальна потужність (кВт)	Період роботи (год/тижд.)
Електрична плита	1	25500	25,5	30



Рисунок 3.4 – Наявна електрична плита моделі ЕП-2М

Визначення річної величини споживаної електроенергії та її вартість, з розрахунком того що в більшості випадків використовується лише 3 панелі з 6, а інколи 2, отже коефіцієнт завантаження : $K_{\text{зав}} = 0,4$:

$$W_{\text{ел.печі-ст}} = 25,5 \cdot 0,4 \cdot 30 \cdot 36 = 11016 \text{ (кВт} \cdot \text{год)} / \text{рік},$$

$$E_{\text{ел.печі-ст}} = 11016 \cdot 6,08 = 66977,28 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Пропонується встановлення індукційної плити (рис. 3.5), яка буде задовільняти потребам по обсягам приготування їжі, але споживати значно менше електричної енергії. Технічні характеристики електроприладу наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Технічні характеристики індукційної плити Tehma 13779

Параметр	Характеристика
Номінальна напруга, В	380
Тип підключення	індукційна
Кількість конфорок	6
Максимальна робоча температура, °С	240
Електрична потужність, Вт	16800



Рисунок 3.5 – Індукційна плита Tehma 13779

Визначимо, який обсяг споживання та відповідний грошовий еквівалент матиме нова індукційна плита:

$$W_{\text{інд.плити-нов}} = 16,8 \cdot 0,4 \cdot 30 \cdot 36 = 7257,6 \text{ (кВт} \cdot \text{год)} / \text{рік},$$

$$E_{\text{інд.плити-нов}} = 7257,6 \cdot 6,08 = 44126,21 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Економія в грошах складе:

$$\Delta E = E_{\text{ел.плита-ст}} - E_{\text{інд.плити-ст}} = 66977 - 44126 = 22851 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Капіталовкладення при заміні обладнання формуються з вартості нової плити, доставки та налагодження установки. Відобразимо відповідні величини у формулі:

$$K = 61050 + 1000 + 500 = 62550 \text{ грн}.$$

Простий термін окупності знайдемо за формулою :

$$T_{\text{ок.}} = \frac{62550}{22851} = 2,74 \text{ роки}.$$

Термін окупності складає трохи менше 3 років, що є дуже гарним показником, враховуючи робочий цикл обладнання, що складає 25 років.

3.7.2 Встановлення ФЕС

Проаналізувавши види альтернативних та відновлювальних джерел електричної енергії, а саме можливість застосування їх на об'єкті, пропонується встановити на даху фотовольтаїчну систему для вироблення електричної енергії з компенсацією власних потреб.

Є доцільним встановлення панелей на дах об'єкту, так як наявна досить велика площа на яку безпосередньо падає сонячне проміння, а саме на частину будівлі з 3 поверхом та з протилежного боку, на даху 2 поверху. Будівля розташована так, що сонце світитиме на панелі постійно, а дах постійно знаходитиметься під сонячним світлом, на протязі світлового дня.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

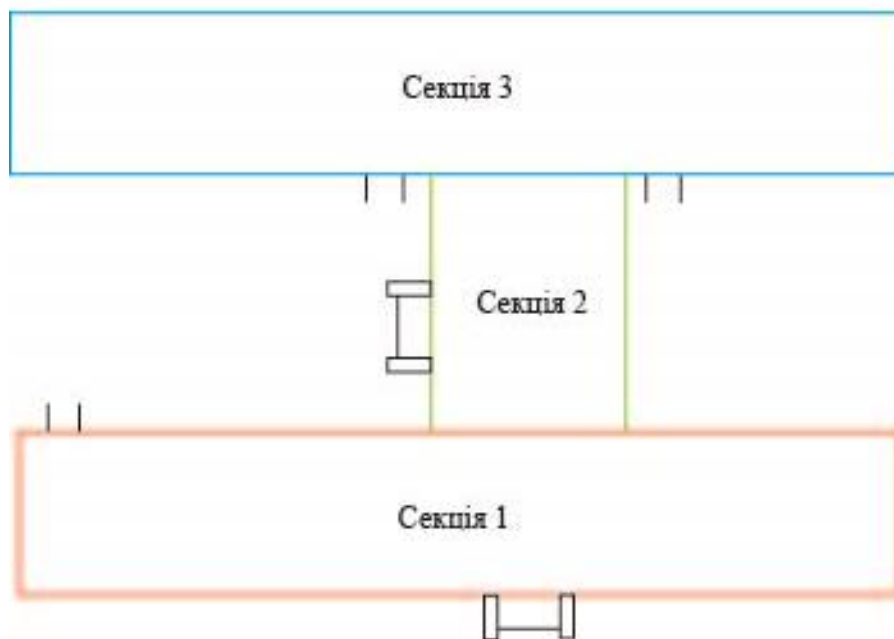


Рисунок 3.6 – Схема встановлення ФЕС

Встановлювати пропонується на даху приміщення секції 1, 3, через те що секція 3 складається з 3 поверхів, а прилегла друга секція лише з двох, буде відбуватися часткове затінення панелей, що погіршить генерацію електричної енергії.

Встановлення рядів панелей необхідно проводити паралельно секціям, щоб заощадити місце та з нахилом 35° на південну сторону.

Таким чином вся площа панелей буде знаходитись максимально допустимий час під сонячними променями. Для побудови сонячної електростанції було обрано сонячну панель JAM72D00 360-/PR 360W [21].

Сонячна фотоелектрична панель від світового виробника Ja Solar, модель - JAM72D00 360-/PR 360W – Модуль вкритий подвійним склом, складається з високоефективних PERC комірок, що забезпечує високу вихідну потужність з більш високим генеруванням електричної енергії в умовах низького освітлення та має відмінну надійність і довговічність. Дана панель вирізняється підвищеною потужністю на одиницю площі, з коефіцієнтом корисної дії модуля 18,4 %

Основні переваги сонячної панелі – JAM72D00 360-/PR 360W:

- виготовлені з високоякісних фотоелементів від - JA Solar;
- гарантія на генерацію не менше 80% потужності, протягом 30 років;
- повна 12-річна гарантія на виріб;
- підвищена міцність модулів для мінімізації мікротріщин;
- високий клас А вогнестійкості;
- підходить для суворих умов експлуатації.

Характеристики сонячної панелі JAM72D00 350-/PR 350W:

- габарити: 1968×992×25 мм;
- номінальна потужність 360 Вт;
- тип кристалу – монокристалічний кремній;
- струм короткого замикання 9.65 А;
- здатність працювати в режимах: від -40 до +85 ° С;
- ККД : 18,4 %.

1) Розрахунок площі однієї панелі, м², за формулою :

$$S = a \cdot b.,$$

де а – довжина однієї панелі, м;

b – ширина однієї панелі, м.

$$S = 1,97 \cdot 0,99 = 1,95 \text{ м}^2.$$

2) Площа даху ліцею – 1789,8 м², площа секцій 1,3 – 1480 м².

3) Панелі будуть розташовані лише в деякій частині даху, тому площа розташування панелей буде складати близько 50% від площі двох секцій, безпосередньо для обслуговування станції та комфортного переміщення по даху.

$$S_{\text{панелей}} = S - 0,5 \cdot S = 1480 - 0,5 \cdot 1480 = 740 \text{ м}^2.$$

4) Розрахунок загальної кількості сонячних панелей для встановлення, штук:

$$N_{\text{заг}} = S_{\text{панелей}} / S = 740 / 1,95 = 379 \text{ шт.}$$

де $S_{\text{панелей}}$ – загальна кількість сонячних панелей, шт.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

5) Обчислення номінальної потужності ФЕС :

$$P_{\text{фес}} = N_{\text{заг}} \cdot P_{\text{ном}},$$

$P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність однієї панелі, кВт.

$$P_{\text{фес}} = 379 \cdot 0,36 = 198,36 \text{ кВт.}$$

6) Визначення згенерованої потужності, кВт, за рік за калькулятором [10] складає:

$$W_{\text{рік}} = 151460 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Діаграма помісячного співставлення фактичних витрат та генерації ФЕС зображено на рисунку 3.7

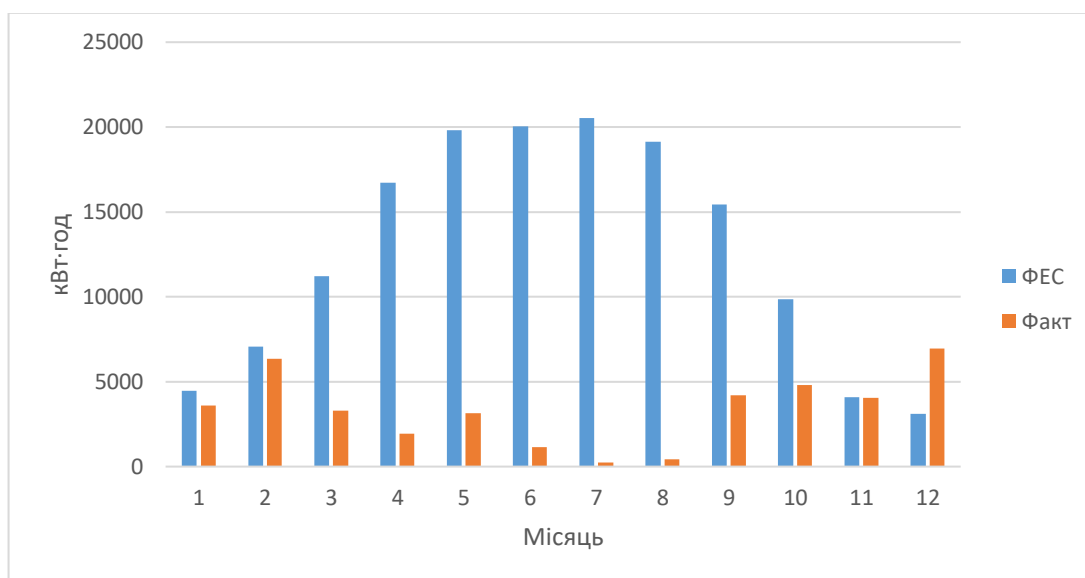


Рисунок 3.7 – Діаграма помісячної генерації електроенергії та витрат

З діаграми видно, що спожита електроенергія за лічильником (помісячно) протягом року менша, за річну генерацію електроенергії. Але в грудні не вистачатиме згенерованої електричної енергії, щоб повністю забезпечити потреби закладу освіти. Надлишок електричної енергії, що була згенерована, буде продаватися по тарифу для комерційних споживачів, а саме 4,99 грн/кВт·год, а нестача закуповуватись, як і раніше.

Таблиця 3.11 – Співставлення місячної генерації та витрат електроенергії

Місяць	Фактичні витрати, кВт·год	ФЕС, кВт·год	Надлишок/нестача електроенергії, кВт·год
Січень	4453	3599	854
Лютий	7052	6355	697
Березень	11197	3284	7913
Квітень	16727	1919	14808
Травень	19825	3143	16682
Червень	20030	1163	18867
Липень	20526	232	20294
Серпень	19142	427	18715
Вересень	15453	4211	11242
Жовтень	9864	4817	5047
Листопад	4082	4065	17
Грудень	3109	6963	-3854

Розрахуємо прибуток від продажу згенерованої електроенергії за формулою:

$$N_{\text{приб}} = \sum W_{\text{надл}} \cdot C_{\text{ком}}, \text{ грн},$$

де $C_{\text{ком}}$ – комерційний тариф на електричну енергію;

$W_{\text{надл}}$ – надлишок згенерованої електроенергії.

7) Загальний прибуток за рахунок продажу електроенергії складає:

$$N_{\text{приб}} = 115136 \cdot 4,99 = 574528,64 \text{ грн.}$$

Розмір тарифу електроспоживання для закладу освіти в місті Чернігів складає - 6,08 грн/(кВт·год).

Для розрахунку результуючого грошового прибутку за рік врахуємо прибуток за продаж електричної енергії за комерційним тарифом, вартість покритих витрат за рахунок генерації ФЕС за тарифом для ліцею №22, а також вартість нестачі згенерованої електроенергії.

8) Економія електричної енергії за рік обчислимо за формулою:

$$N_{\text{рік}} = N_{\text{приб}} + (W_{\text{екон}} - W_{\text{нест}}) \cdot C_e, \text{ грн},$$

$$N_{\text{рік}} = 574528 + (36324 - 3854) \cdot 6,08 = 771945,6 \text{ грн.}$$

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість сонячних панелей та допоміжного обладнання, в яке входять усі матеріали та монтаж за даними становить - 600 €/кВт, курс € на момент проектування становить 40,36 €/грн.

9) Отже, оцінити сумарні капіталовкладення на встановлення ФЕС можна за формулою:

$$K = 198,36 \cdot 600 \cdot 40,36 = 4803485 \text{ грн.}$$

10) Простий термін окупності розрахуємо за формулою :

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{K}{N_{\text{рік}}}.$$

Отже простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{4803485}{771945,6} = 6,22 \text{ роки.}$$

В даному розрахунку сонячної електростанції не враховані капіталовкладення на акумулятори. Якщо їх врахувати, то термін окупності буде варіюватись.

3.7.3 Заміна насосу

Останній запропонований захід – заміна насосу на більш енергоефективний, що зменшить витрати електроенергії в опалювальний період. Старий насос TOP-SD 50/7 має такі основні параметри: потужність – 690 Вт, максимальна подача води – 45 м³/год. Для забезпечення безперебійної циркуляції води в системі опалення, оберемо насос з подібною максимальною швидкістю подачі води, а саме циркуляційний насос Grundfos UPS 65-60/2F 1x230В. Його потужність складає 510 Вт, а швидкість подачі води – 43 м³/год.

Розрахуємо економію електроенергії в разі використання нового насосу за наступною формулою:

$$E = (P_{\text{ст.н.}} - P_{\text{нов.н.}}) \cdot K_{\text{в}} \cdot T, \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де $P_{\text{ст.н.}}$ – потужність старого насосу;

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_{\text{нов.н.}}$ – потужність нового насосу;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання;

T – час роботи насосу за рік.

$$T = 187 \cdot 24 = 4488 \text{ год.}$$

Отже економія електричної енергії складає:

$$E = (0,69 - 0,51) \cdot 1 \cdot 4488 = 807,84 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річна грошова економія від впровадження даного заходу за тарифом на електроенергію 6,08 грн/кВт·год буде становити:

$$E_{\text{грн}} = 807,84 \cdot 6,08 = 4911,67 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності знайдемо за формулою:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{K}{\Delta E},$$

де K – капіталовкладення на придбання та монтаж насосу.

Ціна за 1 насос становить 30225 грн, встановлення та монтаж складає 1000 грн, розрахуємо скільки потрібно коштів, для заміни насосу:

$$K = 30225 + 1000 = 31225 \text{ грн.}$$

Розрахуємо термін окупності заходу:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{31225}{4911,67} = 6,36 \text{ років.}$$

Захід можна вважати економічно доцільним, адже термін експлуатації насосу складає 25 років.

Висновки до розділу

В даному розділі був проведений аналіз електроспоживання закладу освіти. Розглянуті такі аспекти, як освітлення, кухонне обладнання та електронне навчальне обладнання та виявлено значних споживачів електричної енергії. Також підбито баланс електроспоживання всього ліцею.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проаналізовано можливість та доцільність встановлення ФЕС. За розрахунками, даний захід майже повністю покриває потреби будівлі в електричній енергії, а також виробляє надлишкову енергію, яку в подальшому можна продавати комерційним споживачам.

Було запропоновано замінити стару радянську електричну плиту на нову індукційну, даний захід має дуже низький простий термін окупності, а саме 2,7 роки, що робить цей захід доволі привабливим. Окрім плити рекомендується замінити насос для потреб опалення на більш енергоефективний.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

4.1 Характеристика діяльності служби енергетичного менеджменту в місті Чернігів

Система енергетичного менеджменту – це система управління, що визначає енергетичну політику, цілі, енергетичні завдання та управлінські рішення, спрямовані на їх досягнення, передбачає інформаційні, організаційні, кадрові, фінансові та технічні заходи щодо планування і управління ефективністю споживання енергетичних ресурсів [11].

В місті Чернігів добре розвинена система енергетичного менеджменту та моніторингу, метою якої є систематична підтримка ефективності енерговикористання на відповідному рівні та в подальшому підвищення цього рівня.

Організаційна структура системи енергоменеджменту та моніторингу міста складається з 140 осіб, а саме: енергоменеджер первинної ланки (129 осіб) збирають інформацію, галузеві енергоменеджери (8 осіб) аналізують та розробляють пропозиції, енергоменеджери міської ради (3 особи) координують інших енергоменеджерів та приймають рішення, кінцеве затвердження рішень перепадає заступнику міської голови.

4.2 Впровадження системи енергоменеджменту в ліцей №22

Метою впровадження систем енергоменеджменту є:

– забезпечення ефективного споживання енергетичних ресурсів;

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ						
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Белик С.Р.			Енергетичний менеджмент та моніторинг			Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Шкляр В.І.								70	3
Реценз.								ІАТЕ, ОТ-п01			
Н. Контр.		Шкляр В.І.									
Затвер.											

- створення та функціонування механізмів стимулювання працівників щодо ефективного використання енергоресурсів, а також комунальних послуг;
- підвищення рівня енергоефективності та зменшення викидів CO₂;
- контроль за своєчасною сертифікацією енергетичної ефективності будівлі.

Основною методологією СЕМ є цикл постійного поліпшення «Плануй — Виконуй — Перевіряй — Дій» (PDCA), зображений на рисунку 4.1 на принципі якого ґрунтується стандарт ISO 50001.

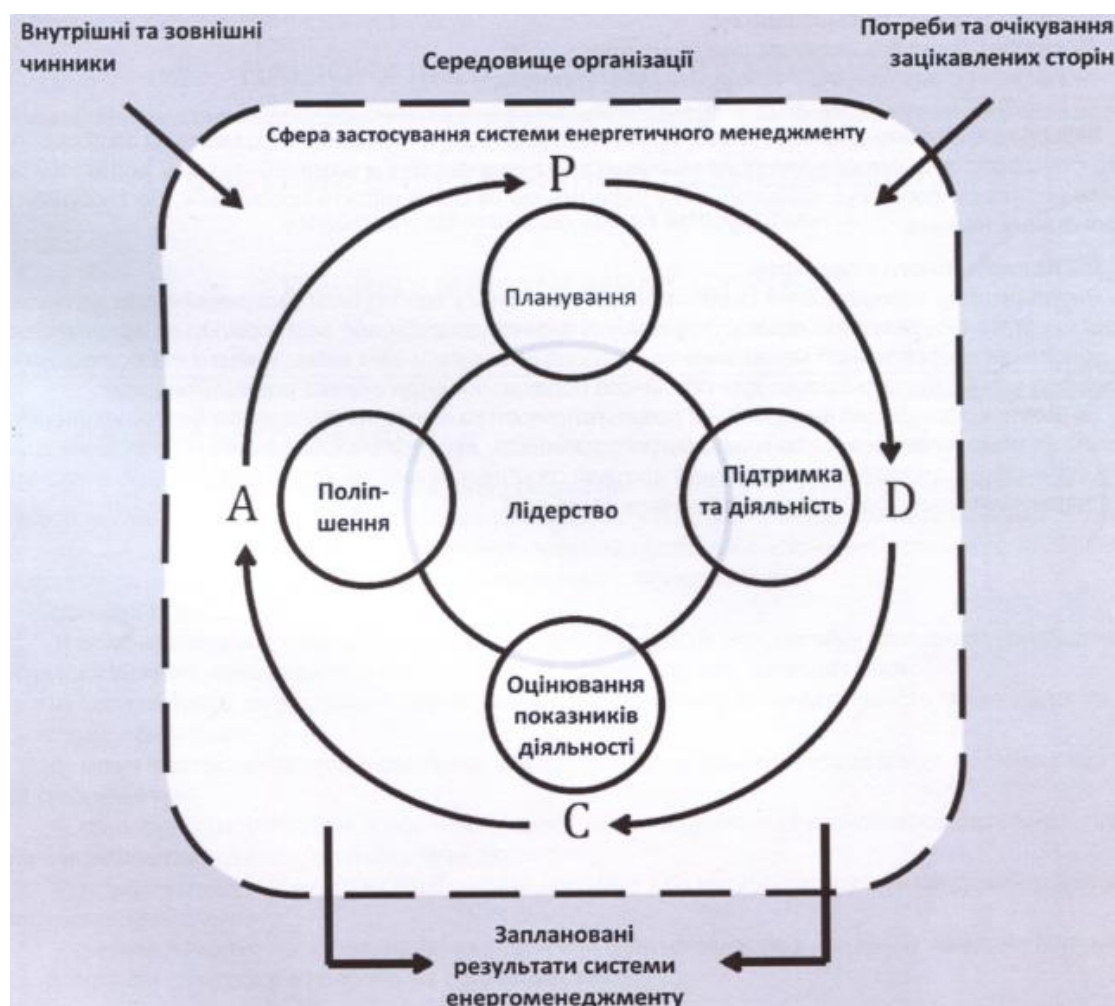


Рисунок 4.1 – Цикл «Плануй – Виконуй – Перевіряй – Дій»

В закладі освіти не було впроваджено систему енергоменеджмента, тому насамперед необхідно запровадити посаду енергоменеджера в ліцеї. Ця особа повинна мати теоретичні та насамперед практичні навички з підвищення рівня енергоефективності, контролювати підтримку запроваджених заходів.

За рахунок впровадження системи енергоменеджменту можна забезпечити стабільну економію енергії (10-20%).

В даному випадку обов'язки енергоменеджера пропонується доручити виконувати директору ліцею. Він повинен визначити відповідальних за енерговикористання по секторах закладу, провести перевірку персоналу щодо рівня знань по енергозбереженню будівлі та проводити роз'яснювальні бесіди з метою підтримки розуміння персоналу в необхідності дотримання встановлених заходів.

Рекомендовані заходи:

- контроль вимикання приладів освітлення;
- періодичне балансування системи опалення;
- економне використання електроенергії під час приготування їжі;
- систематична та своєчасна промивка всієї системи опалення.

Висновки до розділу

Було впроваджено систему енергетичного менеджменту та моніторингу в закладі освіти завдяки чому досягнуто основної мети, якою було систематичне підтримання ефективності енерговикористання теплової та електричної енергії на заданому рівні, а також підвищення рівня цієї ефективності.

В запропонованих заходах з енергоефективності заплановано дії для оптимального використання ПЕР. Наприклад, такі заходи як заміна кухонного обладнання, використання відновлюваних джерел енергії удосконалення системи опалення, проведення термомодернізації будівлі, тощо.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці в Україні є невід’ємною частиною організації праці на виробництва. Питання охорони праці враховуються при організації усіх виробничих процесів. Правова основа охорони праці базується на Конституції України та Законі України “Про охорону праці”. Одним з основних принципів державної політики в сфері охорони праці є пріоритет життя та здоров’я по відношенню до трудової діяльності.

Виконання будь-яких робіт, що пов’язані з підвищеними рівнями ризиків, повинні суворо регламентуватися відповідно до існуючої в сфері охорони праці нормативно-правової бази.

В дипломному проекті розглядається встановлення системи вентиляції у ліцей №22 в місті Чернігові згідно норм [4], а також проведення термомодернізації будівлі відповідно до норм [1]. В кабінетах передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці.

З урахуванням діючої в Україні нормативної бази в сфері безпеки та охорони праці в даному розділі запропоновані необхідні технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного устаткування спроектованої системи вентиляції, а також визначено основні заходи з гігієни праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки і профілактики.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ						
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Белик С.Р.			Охорона праці			Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Кашианов С.Ф.								73	10
Реценз.								ІАТЕ, ОТ-п01			
Н. Контр.		Шкляр В.І.									
Затвер.											

5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного устаткування спроектованої системи вентиляції

5.1.1 Вимоги безпеки при експлуатації спроектованої системи вентиляції

Систему вентиляції спроектовано згідно норм та стандартів ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»

При проектуванні системи вентиляції необхідно дотримуватись наступних вимог:

1. Обсяг припливу повітря у приміщення повинний відповідати обсягу витяжки, а максимально допустима різниця між ними не повинна перевищувати 10-15%. Можлива організація повітрообміну, коли обсяг припливного повітря більше обсягу повітря, що видається.

2. При організації повітрообміну необхідно свіже повітря подавати в ті частини приміщення, де концентрація шкідливих речовин мінімальна, а видаляти повітря необхідно з найбільш забруднених зон. Якщо щільність шкідливих газів нижче щільності повітря, то видалення забрудненого повітря виконується з верхньої частини приміщення, при видаленні шкідливих речовин із щільністю більшою - з нижньої зони.

3. Система вентиляції не повинна створювати додаткових шкідливих і небезпечних факторів (переохолодження, перегрів, шум, вібрація, пожежовибухонебезпечність).

4. Система вентиляції повинна бути надійною в експлуатації і економічною.

[14]

5.1.2 Електробезпека

Проект системи вентиляції було розроблено з урахуванням діючих вимог основних нормативних документів, які регламентують вимоги з електробезпеки, це ПУЕ-2017, НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП-40.1-1.32-01, ДСТУ 7237:2011 та Технічний регламент з безпеки низьковольтного електричного обладнання (постанова Каб. Міністрів України №1149 від 23.10.2009 р.), а також ДСТУ Б В.2.5-82:2016. «Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд».

Застосування захисних заходів від ураження електричним струмом в електроустановках будівель і споруд забезпечує виконання основного правила в системі цих заходів і, таким чином, ефективно сприяє створенню прийняттого рівня ризику в електроустановках (ЕУ).

За проектом передбачено допуск до електроустановок або їх частин тільки для кваліфікованого або інструктованого персоналу, а також застосування таких захисних заходів, як бар'єри та розміщення ЕУ в зоні недосяжності не кваліфікованого персоналу.

Всі типи заземлення, такі як: захисне, функціональне, а також система блискавкозахисту будівлі (споруди), виконано за допомогою одного спільного заземлювача.

Захисні заходи електробезпеки в електроустановках на спроектованому об'єкті виконані у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.5-82:2016. «Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд». Апаратура системи автоматизації та силове електротехнічне устаткування необхідно експлуатувати лише відповідно до паспортних даних, які визначають номінальні значення струмів і напруг живлення.

Для виконання діючих вимог з електробезпеки, все технологічне електроустаткування згідно з ДСТУ ІЕС 61140:2015 має І клас за

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електрозахистом, а засоби автоматизації (блоки контролерів, екранні пристрої, давачі, тощо) системи управління мають відповідно I, II та III класи. [2]

З метою захисту людей від помилкових дій та випадкового дотику до струмопровідних частин ЕУ при їх монтажі, обслуговуванні та експлуатації використані розподільні щити в металевих шафах в закритому виді, клемні колодки мають бути захищеними спеціальними щитками, електрокабелі з різнокольоровою ізоляцією провідників та відповідне кольорове маркування комутаційних елементів БЩУ, таблички та написи з позначенням робочих напруг, попереджувальні знаки.

5.2. Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії

До основних виробничих факторів, що визначаються санітарно-гігієнічні умови праці, відносяться:

- 1) мікроклімат робочої зони;
- 2) склад повітря робочої зони;
- 3) виробниче освітлення;
- 4) виробничий шум;
- 5) виробничі вібрації.

Виробнича санітарія вирішує питання із забезпечення здорових умов праці персоналу, чистоти робочого середовища і повітря, зменшення шкідливого впливу виробничих шумів та випромінювань, створення комфортних умов для повноцінної праці людини.

5.2.1. Мікроклімат робочої зони

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 нормуються наступні параметри мікроклімату робочої зони: температура (t , °C) і відносна вологість (W , %) повітря, швидкість руху повітря (V , м/с).

Оптимальні (допустимі) параметри мікроклімату з урахуванням категорії робіт та періоду року наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Параметри мікроклімату відповідно до ДСН 3.3.6.042-99

Період року	Оптимальні			Допустимі		
	$t^{\circ}\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$	$t^{\circ}\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$
Холодний	21-23	60-40	0,1	17-25	75	$\leq 0,2$
Теплий	22-24	60-40	0,2	19-30	55 при 28°C	0,3-0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Встановлення системи вентиляції;
2. Утеплення зовнішніх стін;
3. Утеплення підвального та дахового перекриття;
4. Встановлення балансувальних клапанів.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично-допустимими концентраціями (ГДК) в мг/ м³ згідно з ГОСТ 12.1.005-88.

В умовах, що розглядаються в проекті, можливими забруднювачами повітря може бути пил. ГДК пилу відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 дорівнює: 6 мг/ м³.

Згідно з ДБН В.2.2-3:2018 необхідно передбачати вентиляцію повітря. Рекомендації щодо повітрообміну в закладах освіти складають 16 м³/год на 1 людину, а також 80 м³/год на 1 людину в спортивній залі. Дані показники

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

забезпечуються спроектованою системою вентиляції, яка виконана з урахуванням вимог ДБН В.2.2-3:2018 та ГОСТ 12.1.005-88.

5.2.3. Виробничий шум

Відповідно до вимог ДСН 3.3.6.037-99 нормуються допустимі рівні звукового тиску $L = 20\lg(P_i/P_0)$, дБ (P_i , Па – середньоквадратичні значення звукового тиску в октавних смугах частот із середньо геометричними значеннями частот 31,5 Гц; 63 Гц; 125 Гц; 250 Гц; 500 Гц; 1000 Гц; 2000 Гц; 4000 Гц; 8000 Гц за період часу, що розглядається; P_0 , Па – значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі частот із середньгеометричною частотою 1000 Гц) залежно від частоти, характеру робіт і характеру шуму (нормування за граничними спектрами - ГС) або допустимі рівні звуку $L_A = 20\lg(P_A/P_0)$, дБА (P_A – середньоквадратичне значення звукового тиску з урахуванням корекції А шумоміра) залежно від характеру робіт і характеру шуму.

Для умов, що розглядаються в проєкті допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку L_A не повинні перевищувати допустимих значень – ці показники наведені в табл. 7.3 відповідно до ДСН 3.3.6.037-99.

Таблиця 5.2 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах частот із середньгеометричними значеннями (Гц)									Допустимий рівень звуку (дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Викладання та навчання	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Джерелами шуму в умовах, що розглядаються в проекті (роботі) є системи вентиляції та кондиціонування, а також кухонне обладнання

З метою зменшення шкідливого впливу шуму проектом передбачено встановлення шумоглушників безпосередньо за вентиляторами

5.2.4. Виробничі вібрації

Відповідно до вимог ДСН 3.3.6.039-99 нормуються допустимі величини віброшвидкості (м/с) чи віброприскорення (м/с²), або логарифмічні рівні віброшвидкості $L = 20\lg(V_i/V_0)$, дБ (V_i – середньоквадратичне значення віброшвидкості за певний період часу, м/с; $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$, м/с – вихідне значення віброшвидкості) залежно від частоти коливань.

Оператор вентиляційного обладнання на робочому місці піддається незначним вібраціям, рівень загальної вібрації не перевищує припустимого рівня вібрації на робочому місці (амплітуда вібрації менш 0,009 мм у діапазоні частот від 15 Гц до 200 Гц).

5.3 Пожежна безпека

5.3.1 Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Керівники закладів та установ з метою забезпечення протипожежного режиму зобов'язані:

- визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних осіб за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, інженерного обладнання, а також за утримання та експлуатацію засобів протипожежного захисту, що мають бути передбачені у функціональних обов'язках, посадових інструкціях тощо;
- забезпечити розробку і затвердити орієнтовний план евакуації учнів та

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

вихованців у разі виникнення пожежі (додаток 1) та порядок оповіщення учасників навчально-виховного процесу, що встановлюють обов'язки і дії працівників на випадок виникнення пожежі. План евакуації та порядок евакуації повинні переглядатися один раз на три роки;

– розробити та затвердити інструкцію, що визначає дії працівників закладу та установи щодо забезпечення безпечної та швидкої евакуації учасників навчально-виховного процесу, за якою не рідше одного разу на півроку (в установах сезонного типу - на початку кожної зміни) проводяться практичні тренування всіх працівників;

– забезпечити своєчасне виконання заходів пожежної безпеки, запропонованих органами державного нагляду у сфері пожежної безпеки і органами державної виконавчої влади у межах їхньої компетенції.

Для кожного приміщення об'єкта або групи його приміщень однакового призначення мають бути розроблені та затверджені керівником об'єкта або уповноваженою ним посадовою особою інструкції про заходи пожежної безпеки.

5.3.2 Технічні рішення щодо забезпечення пожежної безпеки

Керівники закладів та установ зобов'язані забезпечити технічне обслуговування, справний стан і постійну готовність до використання систем протипожежного водопостачання. Внутрішні пожежні кран-комплекти мають піддаватися технічному обслуговуванню не рідше одного разу за 6 місяців.

Усі будівлі закладів та установ мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, ящиками з піском, бочками з водою, покривалами з негорючого теплоізоляційного матеріалу, пожежними відрами, совковими лопатами, іншим пожежним інструментом.

Вогнегасники повинні встановлюватися у легкодоступних та видних місцях, а також у пожежонебезпечних місцях, де найбільш вірогідна поява осередків пожежі. При цьому необхідно забезпечити їх захист від потрапляння прямих сонячних променів та дії опалювальних і нагрівальних приладів [19].

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.3 Основні вимоги пожежної безпеки для закладів освіти

У будівлях закладів та установ не дозволяється:

- розміщувати людей у мансардних приміщеннях, а також на поверхах (будівлях), не забезпечених двома евакуаційними виходами;
- здійснювати перепланування приміщень без урахування будівельних норм і правил;
- установлювати ґрати та інші незнімні сонцезахисні, декоративні та архітектурні пристрої на вікнах приміщень, де перебувають учасники навчально-виховного процесу, сходових клітках, у коридорах, холах та вестибюлях. У разі необхідності встановлення на вікнах приміщень ґрат (кабінет інформатики, інші приміщення з обладнанням, що має матеріальну цінність), вони повинні розкриватися, розсуватися або зніматися, під час перебування в цих приміщеннях людей ґрати мають бути відчиненими;
- використовувати електроплитки, кип'ятильники, електрочайники, газові плити тощо для приготування їжі, за винятком спеціально обладнаних приміщень;
- захащувати шляхи евакуації;
- влаштовувати на шляхах евакуації пороги, виступи, турнікети, розсувні, підйомні двері та інші пристрої, що перешкоджають евакуації людей;
- застосовувати для освітлення свічки, газові лампи і ліхтарі. [9]

Відповідно до цих Правил у кожному структурному підрозділі закладу та установи має бути розроблена інструкція щодо заходів пожежної безпеки. Інструкція розроблюється керівником структурного підрозділу, узгоджується з відповідальним за пожежну безпеку закладу та установи, затверджується керівником і розміщується у кожному приміщенні на видному місці. Інструкція має вивчатися під час проведення протипожежних інструктажів, проходження навчання з пожежно-технічного мінімуму, під час проведення виробничого навчання [19].

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Висновки до розділу

В даному розділі було проведено аналіз ризиків та небезпек під час монтажу та експлуатації вентиляції, де основною небезпекою виступає електроустаткування. Було проаналізовано такі параметри як: мікроклімат та склад повітря робочої зони, виробничі шуми та вібрації.

Окремо розглянуто рівень пожежної безпеки. Визначені обов'язкові організаційні та технологічні з метою забезпечення безпеки дітей, що навчаються в ліцеї. Проаналізовано основні вимоги пожежної безпеки для закладів освіти та визначено порядок дій щодо інформування персоналу та учнів інструкції з пожежної безпеки.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проєкту був проведений енергетичний аудит закладу освіти в місті Чернігів.

В ході проведення енергоаудиту ліцею №22 було опитано персонал працівників закладу. Сфотографовані на тепловізійну зйомку основні елементи дослідження та проведені відповідні заміри площ.

Після огляду огорожувальних конструкцій можна зробити висновок, що їх існуючий стан задовільний, але провівши теплотехнічний розрахунок було виявлено значні відхилення від норм всіх ОК і зрозуміло, що необхідно проводити термомодернізацію. Продивившись теплограми ІТП та опалювальних приладів було виявлено, що безпосередньо прилади опалення в нормі. Щодо вентиляції, під час обстеження було виявлено, що вона перебуває в несправному стані і потребує ремонту.

В ході роботи над електротехнічною частиною було побудовано баланси електроспоживання електроприймачами. З баланса виявлено, що основними споживачами є кухонне обладнання, яке потребує модернізації. Прилади освітлення перебувають в задовільному стані.

Результатом проведеного аналізу є запропоновані 5 заходів з енергозбереження, а саме: утеплення стін, дахового та підвального перекриття, влаштування вентиляції та встановлення балансувальних клапанів. При запровадженні всіх цих заходів розрахунковий клас енергоефективності будівлі складатиме «А».

Для зменшення витрат електроенергії запропоновано 3 заходи, а саме: заміну насоса опалення та радіанської електричної печі на більш енергоефективні прилади, встановлення ФЕС, що є доволі перспективним рішенням з використанням альтернативних джерел енергії.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [Чинний з 01.09.2022]. К., 2022. 23 с.;
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. К., 2011. 127 с.;
3. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Уведений вперше; чинний від 2015.01.01]. К. Мінрегіонбуд України, 2016. 205 с.;
4. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Чинний з 01.01.2014]. К.: Державне підприємство "Укрархбудінформ", 2014. 141 с.;
5. Офіційний сайт платформи «Е-Audit» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://e-audit.escoua.com/user/sign-in?next=/home/>;
6. ДСТУ EN 1886:2019 Вентиляція в будівлях. Пристрої центральної вентиляції. Механічні властивості та методи вимірів. ;
7. Правила улаштування електроустановок [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://nmcpz.ho.ua/document/biblio/pue_12.pdf;
8. Про затвердження санітарного регламенту для закладів загальної середньої освіти [Чинний з 01.01.2021]. К.: Офіційний вісник України, 2020. 48 с.;
9. ДСТУ EN ІЕС 62053-21:2022 Засоби вимірювання електричної енергії змінного струму. Спеціальні вимоги. Частина 21. Лічильники активної енергії статичні (класів точності 0,5, 1 і 2) [Чинний з 10.11.2022];
10. Калькулятор сонячної електроенергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://solartechnology.com.ua/ru/online-calculator>;
11. Про впровадження систем енергетичного менеджменту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1460-2021-п#Text>;
12. ДСТУ EN 61140:2015 Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання [Чинний з 01.01.2016];

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

13. ДБН В.2.5-82:2016. Електробезпека в будинках і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом [Чинний з 01.04.2017]. К.: НВП "Укренергоналадкавимірювання", 2016. 158 с.;

14. Вентиляція виробничих приміщень. Види вентиляції [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/2/2-15/2-153653.html>;

15. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Вид. офіц. К.: Держстандарт України, 1999. 56 с.;

16. ДБН В.2.2-3:2018. Будинки і споруди. Заклади освіти. [Чинний з 01.09.2018]. К.: Державне підприємство "Укрархбудінформ", 2018. 57 с.;

17. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Вид. офіц. К.: Держнаглядохоронпраці, 1996. 15 с.;

18. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Вид. офіц. К.: Держнаглядохоронпраці, 1996. 15 с.;

19. Правила пожежної безпеки для навчальних закладів та установ системи освіти України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1460-2021-п#Text>;

20. Дипломний проєкт бакалавра: організація, вимоги до структури, змісту та оформлення [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.І. Дешко, О.І. Єщенко, В.І. Шкляр, М.М.Шовкалюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 58 с. - Режим доступу: URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35005>;

21. JAM72D00 350-370/PR Series – JaSolar [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.jasolar.com/uploadfile/2018/0716/20180716031054317.pdf>;

22. Электрический счетчик NIK 2301 АПЗ (5-120А,3х220/380В) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://axiomplus.com.ua/elektricheskieschchetchiki/product-35880/>;

23. Визначення розрахункового навантаження квартири та груп електроприймачів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://helpiks.org/2-118032.html> - Назва з екрану.

					НТУУ 001.0101.001 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А

Розрахункові температури зовнішнього повітря різних міст України [3]																					
№	Місто	Температура середня місячна												Ср. за рік	Розрахункова темп-ра.	Період із середньою добовою температурою повітря					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			Середня темп.	днів	Середня темп.	днів	Середня темп.	днів
1	Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5	8	-22	176	-0,1	195	0,7	-	-
2	Сімферополь	-0,3	0,4	3,7	10,1	15,1	19,2	21,8	21,3	16,7	11,0	6,1	2,1	10,6	-15	154	2,6	175	3,5	61	21,8
3	Ялта	4,1	4,2	6,0	10,6	15,7	19,8	23,6	23,2	19,0	13,6	9,5	6,1	13,0	-6	126	5,3	152	6,1	83	23,0
4	Вінниця	-5,1	-3,8	0,5	8,1	14,2	17,2	18,7	18,0	13,3	7,6	1,8	-2,9	7,3	-21	182	-0,2	202	0,6	-	-
5	Луганьк	-4,2	-3,0	1,1	8,1	13,9	16,9	18,4	17,7	13,2	7,9	2,4	-2,4	7,5	-20	180	0,3	201	1,1	-	-
6	Дніпро	-4,7	-3,8	1,1	9,6	16,0	19,6	21,6	20,7	15,4	8,6	2,2	-2,5	8,7	-24	172	-0,2	188	0,6	57	21,6
7	Кривий Ріг	-4,3	-3,3	1,6	9,6	15,8	19,4	21,5	20,7	15,5	8,9	2,7	-2,0	8,8	-17	171	0,2	188	1,0	55	21,5
8	Донецьк	-5,2	-4,4	0,7	9,4	15,4	19,0	21,2	19,8	14,9	8,0	1,8	-2,9	8,1	-22	176	-0,5	192	0,3	47	21,3
9	Житомир	-5,1	-4,0	0,4	7,9	14,0	17,1	18,5	17,7	13,0	7,4	1,7	-2,8	7,2	-22	184	-0,2	203	0,5	-	-
10	Ужгород	-2,4	-0,2	4,7	10,8	15,8	18,7	20,3	19,8	15,5	10,2	4,7	-0,5	9,8	-18	154	1,4	175	2,5	28	20,7
11	Запоріжжя	-3,5	-2,6	2,0	10,1	16,4	20,2	22,4	21,4	16,2	9,6	3,5	-1,1	9,6	-21	166	0,6	182	1,4	69	22
12	Ів.-Франківськ	-4,3	-2,6	1,7	8,1	13,6	16,7	18,3	17,7	13,4	8,0	2,5	-2,4	7,6	-20	179	0,4	200	1,2	-	-
13	Кропивницький	-4,9	-3,9	0,8	9,1	15,2	18,6	20,4	19,7	14,7	8,2	2,1	-2,6	8,1	-22	175	-0,3	192	0,5	32	20,8
14	Луганськ	-5,0	-4,2	1,1	10,1	16,1	19,9	22,0	20,7	15,1	8,2	2,2	-2,5	8,6	-25	172	-0,4	188	0,4	61	21,7
15	Львів	-4,0	-2,7	1,4	7,9	13,4	16,3	17,7	17,2	13,0	8,0	2,5	-2,2	7,4	-19	179	0,4	201	1,2	-	-
16	Миколаїв	-2,6	-1,6	2,8	10,2	16,4	20,3	22,7	22,0	16,8	10,4	4,2	-0,4	10,1	-20	161	1,1	178	2,0	75	22,3
17	Одеса	-1,3	-0,6	2,9	9,2	15,3	19,6	22,0	21,6	17,0	11,3	5,8	1,1	10,3	-18	158	2,0	178	3,0	65	21,9
18	Полтава	-5,6	-4,7	0,3	9,0	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	-3,4	7,8	-23	178	-0,8	195	0,0	31	10,8
19	Рівне	-4,6	-3,4	0,7	8,0	13,8	16,7	18,2	17,5	13,1	7,7	2,1	-2,6	7,3	-21	182	0,1	202	0,8	-	-
20	Суми	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13,0	6,7	0,4	-4,3	6,8	-25	187	-1,4	204	-0,6	-	-
21	Тернопіль	-5,0	-3,7	0,4	7,6	13,5	16,4	17,8	17,2	12,8	7,5	1,8	-3,1	6,9	-20	184	-0,2	205	0,6	-	-
22	Харків	-5,9	-5,1	0,0	9,0	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1,0	-3,7	7,6	-23	179	-1,0	196	-0,2	37	20,9
23	Херсон	-2,5	-1,6	2,8	10,1	16,1	20,0	22,4	21,6	16,5	10,1	4,3	-0,2	10,0	-19	163	1,3	181	2,2	69	22,1
24	Хмельницький	-4,9	-3,6	0,6	7,9	13,9	16,8	18,4	17,7	13,1	7,6	1,9	-2,9	7,2	-21	183	-0,1	203	0,7	-	-
25	Черкаси	-5,0	-4,0	0,7	8,9	15,2	18,4	20,1	19,3	14,2	7,9	2,0	-2,7	7,9	-21	178	-0,3	195	0,5	18	20,6
26	Чернівці	-4,1	-2,4	2,0	8,9	14,5	17,6	19,1	18,4	14,1	8,7	2,7	-2,1	8,1	-20	175	0,5	196	1,4	-	-
27	Чернігів	-5,9	-4,9	-0,1	8,0	14,4	17,6	19,2	18,1	12,9	6,9	1,0	-3,5	7,0	-23	187	-0,9	204	-0,2	-	-
28	Умань	-4,8	-3,7	0,9	8,7	14,6	17,8	19,4	18,6	13,6	7,7	2,0	-2,5	7,7	-20	179	-0,1	197	0,7	-	-
29	Феодосія	1,2	1,6	4,6	10,6	16,1	20,8	23,2	23,1	18,4	12,6	7,6	3,8	12,0	-15	142	3,6	163	4,3	83	23,3
30	Ковель	-3,9	-2,7	1,3	8,1	13,9	16,9	18,2	17,6	13,0	7,9	2,5	-1,9	7,6	-21	177	0,4	199	1,2	-	-

Додаток Б

Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі
житлових та громадських будівель [3]

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{\text{дmin}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, для температурної зони	
		I	II
1	2	3	4
1	Зовнішні стіни	4,0	3,5
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,0	6,0
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалювальних горищ	6,0	5,5
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалювальними підвалами	5,0	4,0
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції із коефіцієнтом скління	$m_{\text{ск.пр}} \leq 0,3$	0,75
		$0,3 < m_{\text{ск.пр}} \leq 0,5$	0,90
		$m_{\text{ск.пр}} > 0,5$	1,10
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні глухі двері	0,75	0,60

Додаток В

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



Додаток Г

№	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м² К)	
		$\alpha_{\text{в}}$	$\alpha_{\text{з}}$
1	Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	8,7	23
2	Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
3	Горищні покриття та перекриття, перекриття над неопалювальними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентиляльованим повітряним прошарком	8,7	12
4	Горищні перекриття та перекриття над неопалювальними підвалами та техпідпіллями, що не вентилуються зовнішнім повітрям	8,7	6
5	Вікна, двері балконні та входні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
6	Зенітні ліхтарі	9,9	23

Додаток Г

