

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Підвищення ефективності енергоспоживання  
будівлею ЗОШ №24, м. Суми»

Напрямок підготовки 6.050601 «Теплоенергетика»  
за фаховим спрямуванням «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Григоренко Д.І.  
(прізвище і ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Випускна робота  
захищена на засіданні  
ЕК з оцінкою

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Мандрика А.С.  
(прізвище і ініціали)

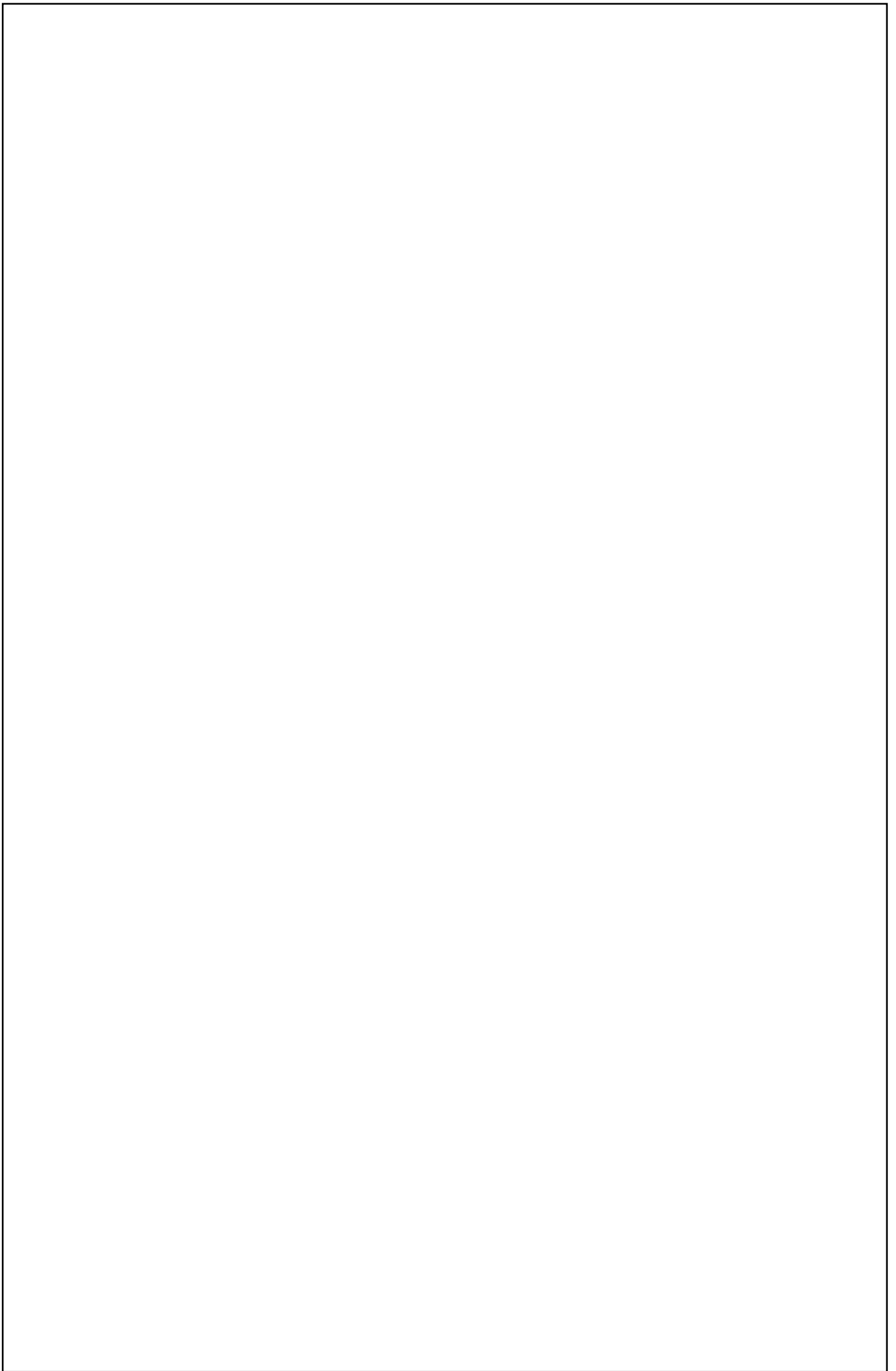
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

*Секретар комісії*

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми 2019



## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 103 с., 15 таблиць, 9 рисунків, 46 літературних джерела, 3 додатки.

Графічні матеріали: схема будівлі навчального закладу, схема підведення теплової мережі, плакат результатів тепловтрат та результати фінансового аналізу енергозберігаючих заходів – усього чотири аркуша формату А3.

Мета роботи: проведення енергетичного обстеження систем тепло-, водо-, електропостачання та підвищення ефективності енергоспоживання будівлею.

Для досягнення поставленої мети були поставлені і вирішені наступні задачі:

- Провести аналіз систем тепло-, водо-, електропостачання;
- Провести аналіз дійсного стану огорожувальних конструкцій;
- Розроблення рекомендацій щодо підвищення енергоефективності будівлею ЗОШ № 24;
- Розроблення енергозберігаючих заходів.

Об'єктом дослідження є системи тепло-, водо-, електропостачання.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі ЗОШ № 24 і надання рекомендацій щодо підвищення ефективності енергоспоживання.

Методи дослідження: інструментальне вимірювання температури по приміщеннях, тепловізійне обстеження та економіко-математичні методи під час аналізу дійсного стану будівлі та розробці енергозберігаючих заходів

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.

Тема роботи – «Підвищення ефективності енергоспоживання будівлею ЗОШ № 24, м. Суми»

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ЗМІСТ .....	4
ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ .....	9
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження .....	9
1.2 Призначення об'єкта енергетичного обстеження .....	10
1.3 Аналіз споживання енергоносіїв та води .....	10
1.4 Існуючі тарифи на енергоносії і воду (станом на 21.05.2019).....	17
1.5 Опис дійсного стану будівлі .....	17
1.6 Обстеження енергетичних систем і систем водопостачання .....	18
1.6.1 Система опалення .....	18
1.6.2 Система холодного водопостачання.....	19
1.6.3 Системи вентиляції.....	19
1.6.4 Система електропостачання .....	20
1.6.5 Система обліку ресурсів.....	23
1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоресурсів.....	25
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання тепла.....	25
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії.....	27
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води .....	27
1.8 Інструментальне обстеження .....	28
2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ .....	33
2.1 Методика проведення розрахунку .....	33

					6.050601.03BP.000.00.ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Підвищення ефективності енергоспоживання будівлею ЗОШ №24, м. Суми			
Розроб.		Григоренко Д.						
Перевір.		Мандрика А.С						
Н. контр.		Мандрика А.С.						
Затв.								
					Літ.	Аркуш	Аркушів	
					4	103		
					СумДУ, ЕМ-51			

2.2	Проведення розрахунку.....	36
2.2.1	Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій ....	37
2.2.1.1	Розрахунок термічного опору стіни.....	37
2.2.1.2	Розрахунок термічного опору вікна.....	38
2.2.1.3	Розрахунок термічного опору дверей.....	39
2.2.1.4	Розрахунок термічного опору даху.....	40
2.2.1.5	Розрахунок термічного опору підлоги.....	41
2.2.2	Розрахунок тепловтрат .....	43
3	РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	48
3.1	Перелік можливих енергозберігаючих заходів .....	48
3.2	Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів .....	48
3.2.1	Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах).....	48
3.2.2	Модернізація підвального перекриття.....	60
3.2.3	Встановлення сенсорних змішувачів.....	65
3.2.4	Встановлення датчиків присутності в коридорах та у вбиральні	68
3.2.5	Встановлення сонячного колектора для нагрівання води для харчоблока .....	71
3.2.6	Герметизація віконних стиків .....	76
4	ХАРАКТЕРИСТИКА, ДІЯ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ, НОРМУВАННЯ ТА ЗАХИСТ ВІД ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	79
4.1	Визначення та природа іонізуючого випромінювання .....	79
4.2	Основні характеристики радіоактивного випромінювання .....	82
4.3	Дія іонізуючого випромінювання на організм людини .....	85
4.4	Норми радіаційної безпеки .....	88
4.5	Захист від радіаційного випромінювання .....	90
	ВИСНОВОК.....	93
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	94
	ДОДАТОК А.....	99
	ДОДАТОК Б .....	101

					Аркуш
					5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

						Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Енергетичне обстеження навчального закладу проводяться з метою оцінки ефективного використання енергетичних ресурсів і зниження витрат споживачів на паливо та енергозабезпечення[1].

«Енергетичний аудит дозволяє визначити потенціал економії енергоресурсів об'єктом, що споживає енергію, та визначити план і ресурси для досягнення цієї економії. Мета енергоаудиту – виявити, як використовується енергія в будівлі, знайти всі джерела тепловтрат та розробити рішення по їх зменшенню»[2]. Зібравши достатню кількість матеріалів, енергоаудитор буде баланс споживання енергоресурсів, вибирає заходи, що можуть бути впроваджені та розраховує їх ефективність [3]. Результатом стає звіт з енергоаудиту, що дозволяє прийняти рішення про подальшу реконструкцію будівлі [3]. Дотримання всіх рекомендацій, які вказуються у звіті з енергоаудиту, допоможе в економії витрат енергоресурсів і зниження тепловтрат[4].

У зв'язку зі значним підвищенням вартості енергоносіїв, енергоаудит будівель стає все більш і більш актуальним заходом. Комплексне обстеження будівель дозволяє ефективно виявити і усунути тепловтрати [5]. Питання термозбереження та модернізації у навчальних закладах інженерних систем з метою їх приведення у відповідність до сучасних вимог з енергоефективності є одним із пріоритетних завдань від ефективної термомодернізації та зменшенні витрат на комунальні послуги [6].

Реалізують термомодернізацію шляхом: додаткового утеплення будівлі з обов'язковою модернізацією системи опалення. Утеплення навчального закладу без модернізації системи опалення, найчастіше, не дає позитивного результату в економії енергії, і навіть призводить до негативного результату – збільшення

						Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

енергоспоживання. Також при проведені робіт із термомодернізації не залишають без уваги системи гарячого водопостачання та освітлення. Головною причиною термоспоживання є надмірні тепловтрати через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі. Переважна більшість будівель мають низькі показники теплової ізоляції будівельних конструкцій, що приводить до значних втрат теплоти через них. Великі тепловтрати відбуваються також через неякісні вікна [6]. Іншою не менш важливою причиною високого теплоспоживання є низька енергоефективність старих систем опалення [7].

На сьогодні актуальність заходів енергозбереження у школах стоїть на першому місці, оскільки це призведе не тільки до економії енергоресурсів, а також несе в собі екологічну складову. Енергоефективність та енергоощадність торкається усіх ланок суспільної діяльності, а з розвитком суспільства, дана проблема загострюється дедалі більше і відповідно вона потребує вирішення [8]. Для підвищення енергоефективності навчального закладу пропонується провести наступні заходи по енергозбереженню, а саме: підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій будівлі, зниження інфільтрації повітря через світлові прорізи, організація системи обліку та аналізу витрачання енергії, створити систему інформування серед учнів та персоналу щодо проблем енергозбереження, використання альтернативних джерел енергії тощо.

Енергозбереження є актуальною і необхідною умовою для нормального функціонування навчального закладу, оскільки підвищення ефективності використання енергії, при безперервному зростанні цін на енергоресурси і відповідно зростанні вартості електричної і теплової енергії дозволяє отримати економію як енергії так і фінансових ресурсів [8].

						Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



# 1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є комунальна установа Сумська загальноосвітня школа І-ІІІ № 24.

Метою роботи є проведення енергетичного обстеження системи теплозабезпечення будівлі, визначення дійсного технічного стану, визначення обсягів споживання енергії, запровадження енергозберігаючих заходів для підвищення ефективності енергоспоживання будівлею.

Будівельна належність – комунальна установа.

Адреса будівлі: м. Суми, вул. Сергія Табали (Севера), 20.

Будинок складається із 5-ти корпусів (див. Додаток А). Головний фасад будівлі зорієнтовано на південно-західну сторону.

Технічні характеристики будинку:

- рік побудови 1990 р.;
- кількість поверхів: 1, 2, 3 корпуси в 4 поверхи, 4, 5 корпуси в 3 поверхи;
- опалювальна площа 7188 м<sup>2</sup>;
- площа забудови 2397,04 м<sup>2</sup>;
- опалювальний об'єм будівлі 21382,34 м<sup>3</sup>;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 24772,42 м<sup>3</sup>.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється централізовано від ТОВ «Сумитеплоенерго».

Подача холодної води до будівлі здійснюється КП «Міськводоканал».

Забезпечення електроенергією будівлі здійснюється ТОВ «ЕНЕРА СУМИ».

						Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Технічну експлуатацію будівлі здійснює персонал навчального закладу.

## 1.2 Призначення об'єкта енергетичного обстеження

Будівля розташована в Зарічному районі.

Адреса: м. Суми, вул. Сергія Табали (Сєвера), 20.

Керівництво:

- Директор – Бондаренко Тетяна Миколаївна.
- Відповідальний за господарчу частину – Черевата Людмила

Іванівна.

Склад людей:

- кількість обслуговуючого персоналу у будівлі – 25 осіб;
- кількість учнів у навчальному закладі – 502 осіб;
- кількість викладачів, які працюють у навчальному корпусі – 74 осіб.

Робочий день в навчальному закладі: 8:00 – 17:00.

На вахті в будівлі цілодобово чергує вахтер.

## 1.3 Аналіз споживання енергоносіїв та води

Річне споживання енергоносіїв і води за останні роки наведено у таблиці 1.1.

						Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Споживання енергоносіїв і води за 2016-2018 р.

Найменування	Одиниці вимірювання	Обсяги споживання за роками		
		2016	2017	2018
Теплова енергія із централізованих систем теплопостачання на потреби опалення	ГДж	3238,40	3415,70	2212,33
Теплова енергія із централізованих систем теплопостачання на потреби опалення	кВт·год	900275,20	949564,60	615027,79
Гаряча вода	м <sup>3</sup>	762,00	749,00	766,00
Холодна вода	м <sup>3</sup>	1186,00	1047,00	1369,72
Електроенергія на внутрішнє освітлення	кВт·год	-	3316,62	22932,00
Електроенергія на інші потреби	кВт·год	-	53635,47	28431,65
Загальні витрати електроенергії	кВт·год	53206,00	64872,00	51363,65
Загальні витрати теплової і електричної енергії	кВт·год	953481,20	1014436,60	666391,44

На рис. 1.1 зображено графіки споживання холодної води у 2016, 2017, 2018 роках. Помісячне споживання на холодну воду наведено в таблиці 1.2.

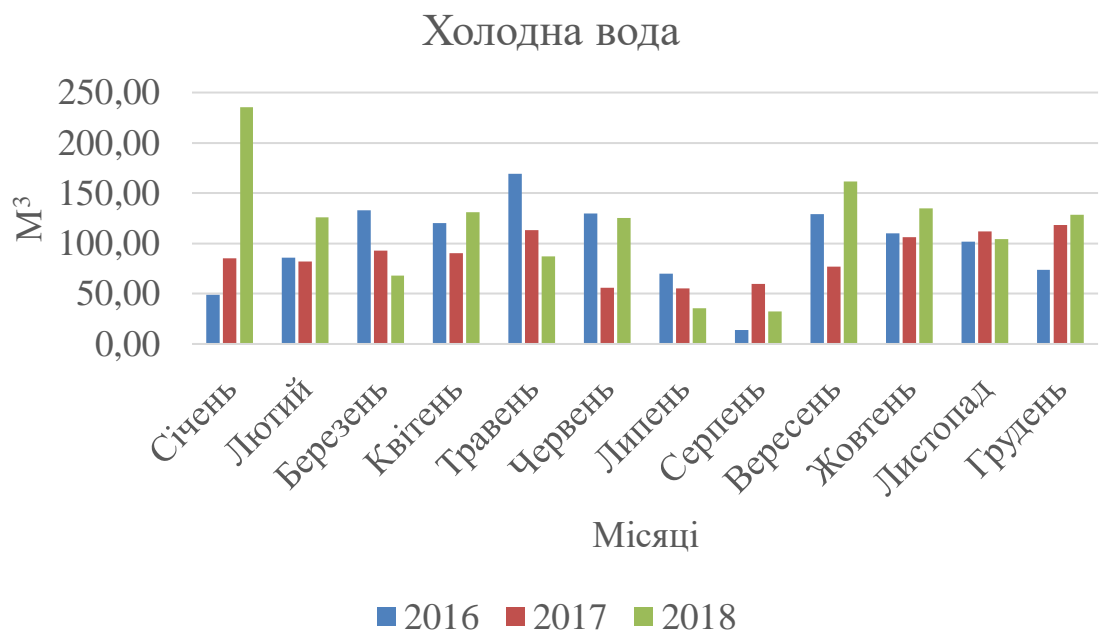


Рисунок 1.1 - Графік споживання холодної води за місяцями року

Таблиця 1.2 – Помісячне споживання холодної води

Холодна вода			
Місяць	м <sup>3</sup>		
	2016	2017	2018
Січень	49,00	85,00	235,18
Лютий	86,00	82,00	126,18
Березень	133,00	93,00	68,18
Квітень	120,00	90,00	131,18
Травень	169,00	113,00	87,18
Червень	130,00	56,00	125,00
Липень	70,00	55,00	35,79
Серпень	14,00	60,00	32,55
Вересень	129,00	77,00	161,48
Жовтень	110,00	106,00	134,62
Листопад	102,00	112,00	104,19
Грудень	74,00	118,00	128,19
Всього за рік	1186,00	1047,00	1369,72

На рис. 1.2 зображено графік споживання гарячої води у 2016, 2017, 2018 роках. Помісячне споживання на гарячу воду наведено в таблиці 1.3.

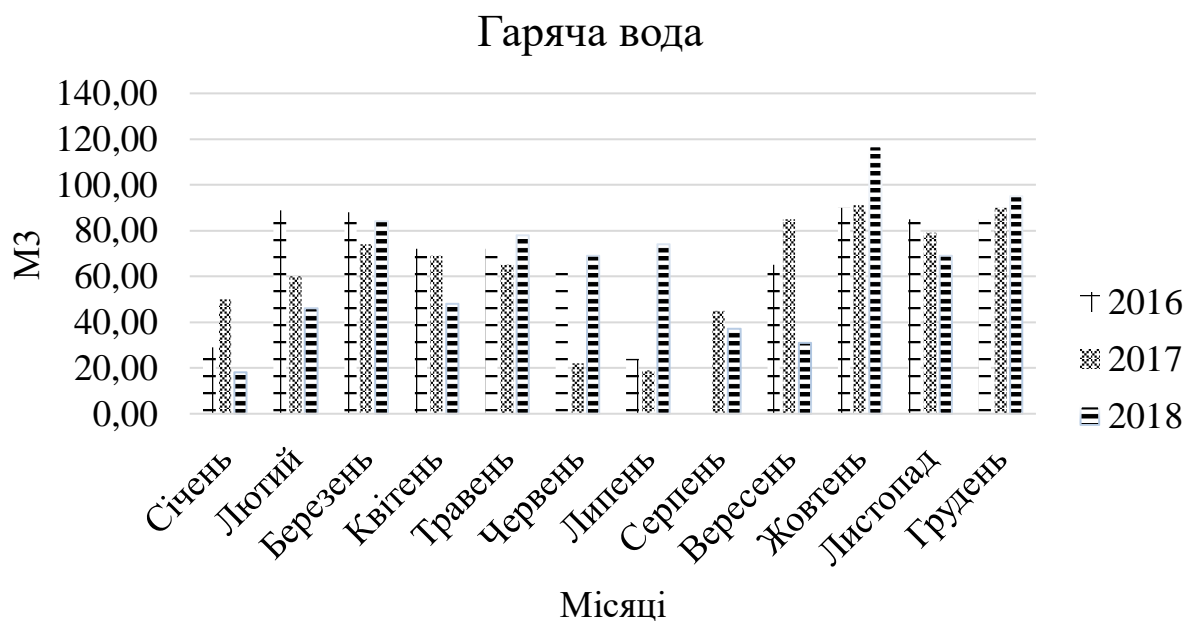


Рисунок 1.2 - Графік споживання гарячої води за місяцями року

Таблиця 1.3 – Помісячне споживання гарячої води

Гаряча вода			
Місяць	м <sup>3</sup>		
	2016	2017	2018
Січень	29,00	50,00	18,00
Лютий	89,00	60,00	46,00
Березень	88,00	74,00	84,00
Квітень	72,00	69,00	48,00
Травень	72,00	65,00	78,00
Червень	63,00	22,00	69,00
Липень	24,00	19,00	74,00
Серпень	0,00	45,00	37,00
Вересень	65,00	85,00	31,00
Жовтень	90,00	91,00	117,00
Листопад	85,00	79,00	69,00

Продовження таблиці 1.3

Грудень	85,00	90,00	95,00
Всього за рік	762,00	749,00	766,00

Витрати води в будівлі залежить від розкладу занять, графіку навчального процесу, пори року та ремонтних робіт.

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує, що в літку 2018 року витрати гарячої та холодної води не зменшувались з приходом канікулів, оскільки велися ремонтні роботи. В інші роки по гістограмі видно, що влітку з періодом канікулів витрата зменшується, що зумовлене зменшенням кількості дітей в навчальному закладі.

На рисунку 1.3 зображено графік споживання теплової енергії у 2016, 2017, 2018 роках. Помісячне споживання теплової енергії наведено в таблиці 1.4.

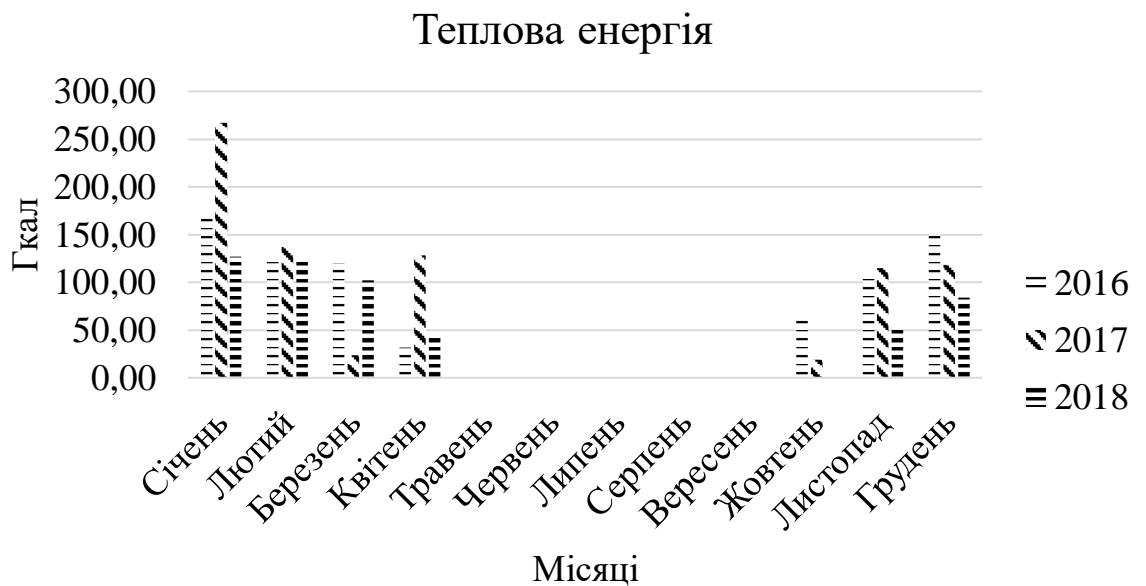


Рисунок 1.3 - Графік споживання теплової енергії за місяцями року

Таблиця 1.4 – Помісячне споживання теплової енергії

Теплова енергія			
Місяць	2016	2017	2018
	Гкал		
Січень	169,30	267,33	126,92
Лютий	126,12	137,06	123,11
Березень	120,06	23,683	102,45
Квітень	31,86	128,20	41,88
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	61,00	19,20	0
Листопад	108,55	115,10	50,19
Грудень	150,42	118,20	84,20
Всього за рік	767,31	808,77	528,75

З рисунка 1.3 та таблиці споживання теплової енергії 1.4 показано, що споживання теплової енергії відбувається в опалювальний період. Тепло на підігрів води не надається, оскільки наявне гаряче водопостачання. За нормативними даними [9], тривалість опалювального періоду становить 187 днів, але кількість опалювальних днів кожного року змінюється в залежності від зменшення середньодобової температури  $+8^{\circ}\text{C}$ . Та відповідно закінчується при підвищенні середньодобової температури  $+8^{\circ}\text{C}$ . за три останніх дні.

Також можна зробити висновок, що на зменшення витрат теплової енергії за 2018 рік вплинули роботи з енергозбереження, а саме утеплення стін, заміна дверей, встановлення нового теплового пункта та заміна застарілих вікон.

На рисунку 1.4 зображено графік споживання електричної енергії у 2016, 2017, 2018 роках. Помісячне споживання електричної енергії наведено в таблиці 1.5.

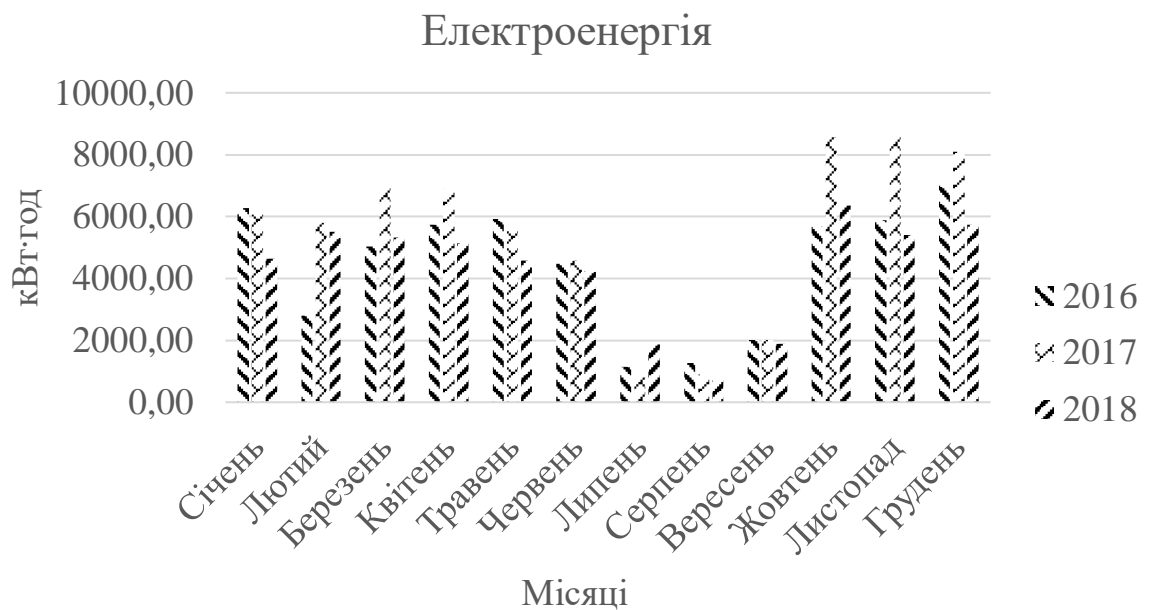


Рисунок 1.4 - Графік споживання електричної енергії за місяцями року

Таблиця 1.5 – Помісячне споживання електричної енергії

Електроенергія			
Місяць	2016	2017	2018
	кВт год		
Січень	6271,00	6067,00	4650,29
Лютий	2800,00	5807,00	5506,43
Березень	5027,00	6937,00	5315,19
Квітень	5739,00	6905,00	5145,74
Травень	5920,00	5555,00	4568,05
Червень	4482,00	4582,00	4234,00
Липень	1150,00	820,00	1859,00
Серпень	1260,00	900,00	700,00
Вересень	2005,00	2018,00	1878,94
Жовтень	5670,00	8580,00	6354,29
Листопад	5890,00	8599,00	5404,91



#### Продовження таблиці 1.5

Грудень	6992,00	8102,00	5746,81
Всього за рік	53206,00	64872,00	51363,65

#### 1.4 Існуючі тарифи на енергоносії і воду (станом на 21.05.2019)

##### Тарифи на енергоносії і воду:

- Електрична енергія – 2,87 грн/кВт · год;
- Холодна вода – 8,56 грн/м<sup>3</sup>;
- Гаряча вода – 89,49 грн/м<sup>3</sup>;
- Теплопостачання – 1858,6 грн/Гкал.

#### 1.5 Опис дійсного стану будівлі

Об'єкт складається із з 5-ти корпусів, 2 з яких 3-х поверхові, остача 4-х поверхові. Зовнішні стіни виконані з цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині 620 мм, оштукатурені ззовні та з середини цементним розчином товщиною 15 мм та 15 мм відповідно та утеплювач, базальтова вата товщиною 100 мм.

Покриття виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити 220 мм, цементно-піщаний розчин 70 мм та покрита шаром руберойду 6 мм.

Підлога виконана у вигляді бетонної плити товщиною 220 мм, покритою цементно-піщаною стяжкою 40 мм.

Світлопрозорі конструкції (вікна) навчального закладу мають металевопластиковий профіль. Вікна з ПВХ-профілем загальною площею 934,14 м<sup>2</sup>.

						Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Двері навчального закладу металеві загальною площею 36,72 м<sup>2</sup>.

Будівля не має горища, технічного поверху. Має підвальне приміщення в якому розташований тепловий пункт та тир.

## 1.6 Обстеження енергетичних систем і систем водопостачання

### 1.6.1 Система опалення

Навчальний заклад №24 має централізовану систему теплопостачання яке здійснюється на підставі договору з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір 1214 – Т618 від 18.02.2019 року, у якому теплоносієм являється гаряча вода. Система однотрубна з нижньою розводкою зі штучною циркуляцією теплоносія. Приєднання опалювальних приладів до теплопроводів здійснене «зверху вниз». Тепло подається з ЦТП-25Х по трубопроводу до тепlopункту який знаходиться в корпусі 4. Опалювальні прилади - чавунні радіатори типу Аккорд, радіатори конвективного типу.

За договором відпуск теплоти до будівлі здійснюється за температурним графіком 60/50 °С. Температура в тепlopункті на подавальному трубопроводі – 56 °С, температура на зворотному трубопроводі – 48 °С.

У тепловому вузлі вводу будівлі встановлене наступне обладнання: запірні арматура – засувки діаметром 80 мм, лічильник теплової енергії на подавальному трубопроводі, теплообчислювач, сітчастий фільтр, фільтр-грязьовик, елеваторний вузол.

Встановлено систему рекуперації тепла, але вона не працює.

Встановлений каналний повітрянагрівач «С -К VN -К».

Схема тепlopункту наведена в додатку В.

						Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 1.6.2 Система холодного водопостачання

Водопостачання Сумської ЗОШ № 24 здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого холодного та гарячого водопостачання з КП «Міськводоканал» СМР договір №3076 від 08.02.2019 року. Трубопроводи сталеві, не ізолювані.

Сталевий подавальний трубопровід холодного водопостачання середнім діаметром 40 мм прокладено до будівлі. Основні споживачі холодної води: кухня, рукомийники, вбиральні, душові.

Недоліків у конструкції і експлуатації системи холодного водопостачання не встановлено.

### 1.6.3 Системи вентиляції

Будинок обладнано системою природної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через нещільності світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішні двері. Також встановлено «Приточно – вытяжна установка» типу «VRS – РЭ». За технічною документацією об'єм повітря, що механічно видаляється з приміщення  $V_m = 3000 \text{ м}^3/\text{год}$ .

						Аркуш
						19
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

#### 1.6.4 Система електропостачання

Основні технічні енергоспоживаючі системи навчального закладу № 24:

- Система технологічного обладнання;
- Система освітлення.

У приміщення наявні світильники з енергозберігаючими лампами, потужність однієї 12 Вт. (всього 258 шт. загальною потужністю 4644 Вт). Річна тривалість роботи систем освітлення: енергозберігаючі – 1800 год/рік та енергозберігаючі, що стоять в коридорах та вбиральнях – 2880 год/рік. Також встановлені світлодіодні лампи (всього 506 шт. загальною потужністю 5060 Вт). Річна тривалість роботи освітлення світлодіодними лампами – 2880 год/рік. Кількість використаної електроенергії в рік 22932 кВт/рік. Зовнішнього освітлення не має. Для обліку електроенергії передбачено встановлення лічильника електроенергії «Энергия – 9» виконання СТКЗ. Повірка якого здійснюється раз на 9 років. Встановлений був 16 лютого 2016 року.

Всі засоби обліку спожитих енергоресурсів та води закладу визнано придатними до застосування на підставі результатів проведених повірок.

Електропостачання Сумської ЗОШ № 24 здійснюється згідно договору про надання послуг електропостачання з ТОВ «ЕНЕРА СУМИ» договір №4021 - від 01.01.2019 року.

До недоліків можна віднести неефективне використання енергоспоживаючих приладів та забрудненість освітлювальних приладів. В таблиці 1.6 наведене основне енергоспоживаюче обладнання навчального закладу.

						Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6 – Основне енергоспоживаюче обладнання навчального закладу

Тип обладнання	Кількість годин роботи на рік	Кількість обладнання, од	Потужність одиниці обладнання, кВт	Коефіцієнт завантаження	Кількість використаної електроенергії в рік кВт·год/рік
Освітлювальні прилади					
тип освітлювальних приладів (лампи розжарювання, світлодіодні лампи, і т.ін.)					
Люмінісцентні	1800	258	0,018	1	8359,2
Світлодіодні	2880	506	0,01	1	14572,8
Обладнання харчоблоку	0				
Агрегат ВСТ - 19 ВЗЕ	1440	1	1,5	1	2160
Агрегат ФАК МЗРЭ	1440	1	1,5	1	2160
Водонагрівач 200В - 50Гц - 150	2520	1	1,5	1	3780
Електрокотел - 1603 В 380 В322 В	2160	1	2,4	1	5184

Продовження таблиці 1.6

Електромясорубка МИМ	720	1	1,5	0,8	864
Електроплита - ЭП-11 Б-3-6	720	3	1,2	0,8	2073,6
Електроплита - 0-200	2880	3	1,2	0,8	8294,4
Електросковорода СЭСМ 0,200,000РЭ	1440	2	0,6	0,8	1382,4
Картопличистка - МОК - 125-РЭ	720	1	0,8	1	576
Миюча машина	2520	1	1,5	0,8	3024
Овочерізка МРОВ	720	1	0,8	1	576
Пекарська шафа 00.000РЭ ШЖЭ 0,85	1800	1	1,8	0,8	2592
Привід універсальний П111 РЭ	720	1	1,2	1	864
Стаціонарне управл. Котл.	1440	2	1,5	1	4320
Установка УС-1	1080	1	1,5	1	1620
Холодильна камера - КЧС - 2-66	8640	1	0,15	0,8	1036,8
Холодильна шафа ШХ-1,12	8640	1	0,35	0,8	2419,2
Холодильники	8640	2	0,15	0,8	2073,6

Продовження таблиці 1.6

Насосне обладнання					
Lowara LNEE40-125/O7X/S25RCS4 23/40 50	8640	2	0,75	1	12960
Інше обладнання					
Кресло КСЕМ ОЗ	1800	1	1,5	1	2700
Комп'ютери	360	43	0,35	0,5	2709
Телевізори	360	6	0,06	1	129,6
Всього:					86430,6

Різниця між фактичним та розрахунковими даними становить 40,47%. Це пов'язано з тим, що після 2018 року було встановлене нове енергоспоживаюче обладнання та замінені лампи.

### 1.6.5 Система обліку ресурсів

У вузлу обліку теплової енергії за технічними умовами передбачено встановлення лічильника тепла «COSMOS WS 80». Періодичність повірки –раз на 2 роки.

Також встановлений вимірювач тепла «Pollu Thern» спільного підприємства «Інвест – Премекс» з водоміром типу WSØ 80.

						Аркуш
						23
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Широкий діапазон вимірювання теплоносія від 11,4 м<sup>3</sup>/год до 60,0 м<sup>3</sup>/год з номінальною витратою 45,0м<sup>3</sup>/год Лічильник теплової енергії «Pollu Thern» складається з:

- багатofункціонального тепловимірювача «Pollu Thern»,
- лічильника води WSØ 80 з передавачем імпульсу,
- термодатчиків опору ОТ 5,7,
- Втулок термодатчиків і різьбових бобишек ТМР 5.1.

Міжповірочний інтервал для вимірювача теплової енергії «PolluThern» наступний:

- тепловимірювача «Pollu Thern» – 4 роки,
- термодатчиків опору ОТ 5,7 – 2 роки,
- лічильника води – 2 роки.

Вимірювач теплової енергії «Pollu Thern» відповідає 4 класу точності по OIML 75. Максимально допустима похибка – 4%.

Для обліку електроенергії передбачено встановлення лічильника електроенергії «Энергия - 9» виконання СТКЗ. Повірка якого здійснюється раз на 9 років. Встановлений був 16 лютого 2016 року.

Облік споживання холодної та гарячої води здійснюється наступними лічильниками:

- Лічильник холодної води школа – ТА 4М Unimag Ду 40 (00702857),
- Лічильник гарячої води (подавальний трубопровід) – ТА 4М Unimag Ду 40 (00705604),
- Лічильник гарячої води (зворотній трубопровід) – ТА 4М Unimag Ду 30 (00705631).

Дати останніх повірок лічильників:

– Повірка лічильника на тепло – 22 червня 2018 року, періодичність повірки раз у 2 роки;

						Аркуш
						24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



– Повірка лічильника на воду – 13 липня 2018 року, періодичність повірки раз у 2 роки;

– Повірка лічильників не електричну енергію – старий замінено на новий 16 лютого 2016 року, періодичність повірки раз у 9 років.

Повірку проведено ТОВ «Інвест-Г».

Заклад щомісячно отримує акт прийому-передачі теплової енергії, електроенергії, водопостачання, та рахунок за спожиту теплову енергію, електроенергію та воду. Оплата за спожиті ресурси здійснюється до кінця розрахункового місяця.

## 1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоресурсів

### 1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання тепла

Для надання висновку про ефективність споживання теплової енергії на потреби опалення навчальним закладом, необхідно провести порівняння фактичних обсягів споживання тепла зі встановленими державними нормами.

Питома потреба ( $EP$ ) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [10];

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

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

						Аркуш
						25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$V_{\text{буд}}^{\text{оп}}$  – опалювальний об'єм будинку, м<sup>3</sup>.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [10]:

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

де  $EP$  – питома річна енергопотреба будівлі, кВт · год/м<sup>3</sup>;

$EP_{\text{max}}$  – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт · год/м<sup>3</sup> [10].

Згідно наданих облікових даних по споживанню тепла навчальним закладом, фактичні питомі витрати тепла на опалення становлять:

- 2016 рік –  $Q_{\text{оп}} = 900275,20$  кВт · год;
- 2017 рік –  $Q_{\text{оп}} = 949564,20$  кВт · год;
- 2018 рік –  $Q_{\text{оп}} = 615027,79$  кВт · год.

Тоді значення питомих фактичних теплових втрат на опалення за опалювальний період:

- 2016 рік –  $EP = 42,10$  кВт · год/м<sup>3</sup>;
- 2017 рік –  $EP = 44,41$  кВт · год/м<sup>3</sup>;
- 2018 рік –  $EP = 28,76$  кВт · год/м<sup>3</sup>.

Нормативна максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт · год/м<sup>3</sup>, що встановлюється залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку, для навчального закладу  $EP_{\text{max}} = 38$  кВт · год/м<sup>3</sup> [10].

Порівняння нормативної величини тепловтрат і дійсних тепловтрат показує, що будівля перевищувала нормативну вимогу, тепло споживалося у великій кількості. Завдяки заходам з енергозбереження, що були проведені в 2018 році навчальний заклад зменшив кількість споживаної теплової енергії та не перевищив допустиму норму.

						Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії

Нормативне значення споживання електричної енергії для загальноосвітніх навчальних закладів з електрифікованим харчоблоком та кількістю учнів – 502, становить 219 кВт · год/учня [11].

Фактичне споживання для навчального закладу на одного учня становлять:

- 2016 рік –  $\frac{53206 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{502 \text{ учнів}} = 105,99 \text{ кВт} \cdot \text{год/учня};$
- 2017 рік –  $\frac{64872 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{502 \text{ учнів}} = 129,23 \text{ кВт} \cdot \text{год/учня};$
- 2018 рік –  $\frac{51363,65 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{502 \text{ учнів}} = 102,32 \text{ кВт} \cdot \text{год/учня}.$

Фактичні дані не перевищують нормативне значення, що в свою чергу є позитивним знаком. Також є можливість зменшення використання електричної енергії шляхом використання альтернативних джерел енергії та нових енергоефективних технологій.

### 1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

В навчальному закладі витрата води залежать від зміни кількості учнів, ремонтних робіт, пори року. Порівнявши фактичні та нормативні витрати на одного учня можна проаналізувати чи відповідає навчальний заклад нормативним вимогам.

За нормативними величинами споживання води на одного учня відповідно до вимог від міськвиконкому «Норми водоспоживання» по м. Суми від «20.04.1999р.» № 172, норма витрат холодної води для учбових закладів та загальноосвітніх шкіл становить 20 л/учня [12].

						Аркуш
						27
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Значення фактичних питомих витрат холодної води в л/учня за добу становлять:

- 2016 рік – 17,25 л/учня;
- 2017 рік – 15,90 л/учня;
- 2018 рік – 18,91 л/учня.

Порівнявши нормативне значення з фактичним у результаті бачимо, що навчальний заклад не перевищує нормованого значення.

Витрати в грошовому еквіваленті на спожиті енергоресурси та воду за 2018 рік наведені на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Грошові витрати на енергоресурси та воду

З кругової діаграми на рисунку 1.6 наглядно показано, що більша частина грошових коштів йде на опалення.

## 1.8 Інструментальне обстеження

В навчальному закладі №24 було проведене інструментальне обстеження.

Для інструментального обстеження використовувалися наступні прилади:

					Аркуш
					28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

- Універсальний вимірювач Testo 605-H1;
- Лазерний пірометр MiniTemp MT2;
- Тепловізор FlukeTi25.

Осереднені результати інструментального обстеження наведені в таблиці 1.7. Для розуміння та легшого представлення розташування, наведене схематичне зображення (1 поверх) навчально закладу № 24, а саме корпуси та деякі кабінети зображені на рисунку 1.6.

Таблиця 1.7 – Результати вимірювань

Корпус	Кабінет	$t_{в}$	Вологість	Точка роси	Температура батарей
		1 поверх			
1	каб 114	20,9	39,6	6,3	50
	Медпункт	21,1	42,1	7,8	49
2	каб 212	21,1	38,7	6,4	50
3	каб 311	19	39,20%	4,8	45
4	Хол	20,9	39,4	6,8	49
5	Харчоблок	21,1	64	12,3	51
Корпус	Кабінет	$t_{в}$	Вологість	Точка роси	Температура батарей
		2 поверх			
1	каб 121	21,3	41,5	8,3	47
2	каб 221	20,7	58,3	12,6	50
3	каб 322	20,5	59,5	10,3	43
4	Коридор	20,3	39,8	10,1	48
	Актова зала	18,3	27	-0,7	-
5	Спортивна зала	18,4	40	4,7	50

Продовження таблиці 1.7

Корпус	Кабінет	$t_{в}$	Вологість	Точка роси	Температура батарей
				3 поверх	
1	каб 133	19,7	37,8	5	50
2	каб 231	20,6	49	6,9	50,5
3	каб 331	20,8	41,5	6,2	46
4	Коридор	20,1	38,2	5,8	48,2
Корпус	Кабінет	$t_{в}$	Вологість	Точка роси	Температура батареї
				4 поверх	
1	каб 144	22,9	34,3	5,6	45
2	каб 243	21,2	58,1	12,9	40,2
3	каб 344	20,4	59,6	12,1	40,5
4	Коридор	20,7	35,7	10,1	43,8

Вимірювання проводились за зовнішньою температурою повітря  $t_{з} = +4$  °С.

Проаналізувавши таблицю 1.7 можна зробити висновок, що після утеплення температура в приміщеннях майже піднялась до нормованої  $t_{в} = +21$  °С [10], тільки в спортзалі та в актовій залі нижче норми, оскільки ці приміщення мають високі стелі та опалювальні прилади які загороджені.

Відповідно до вимог [13], у приміщеннях шкіл відносна вологість повітря має бути 40-60%. За таблицею 1.7 бачимо, що по деяких кабінетах вологість повітря не досягає нормованого значення, оскільки в момент вимірювання в кабінетах знаходилась велика кількість людей, через цей фактор пішов спад відносної вологості повітря. В харчоблоці волога більша, через те, що постійно йде приготування їжі.

Температура теплоносія в опалювальних приладах зменшується внаслідок втрат тепла в мережі.

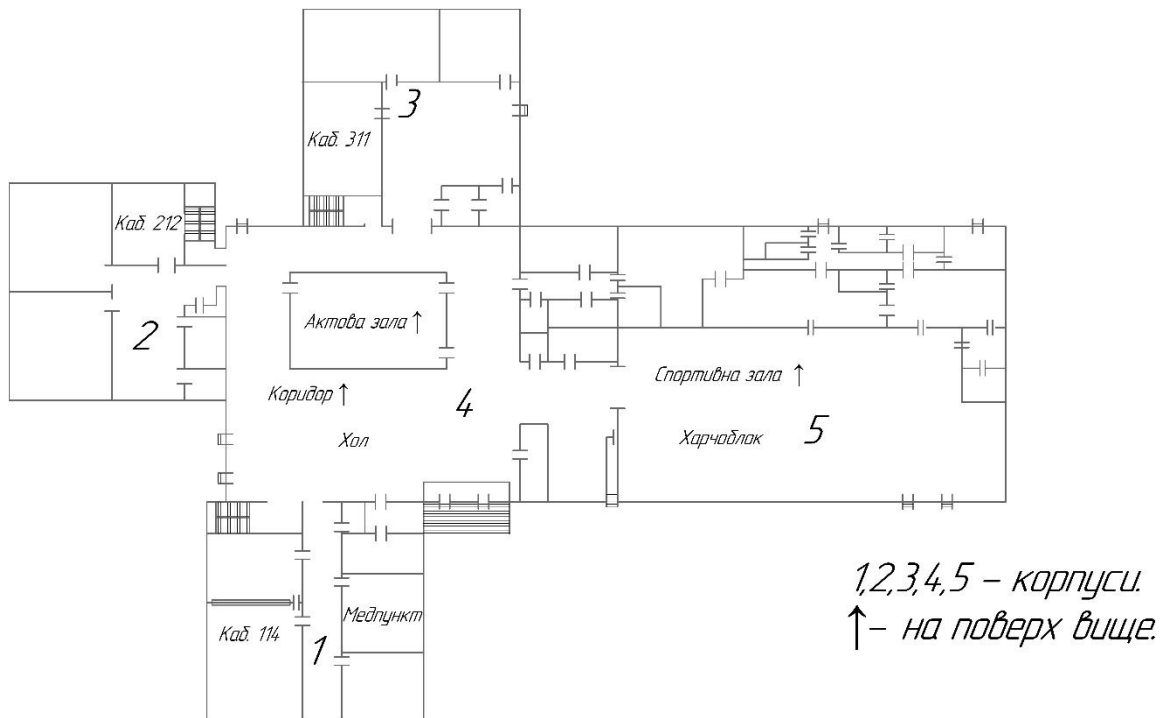


Рисунок 1.6 – Схематичне зображення навчального закладу № 24 (1 поверх)

Тепловізійний стан огорожувальних конструкцій, місць тепловтрат наведено в додатку Б.

Тепловізійне обстеження будівлі Комунальної установи Сумської загальноосвітньої школи I-III ступенів № 24 було проведено 25 лютого 2019 року з використанням тепловізора FlukeTi25. У звіті надані термограми, які найбільш наочно демонструють типові проблемні місця будівель.

Мета обстеження – виявлення місць найбільших тепловтрат у навчальних корпусах Комунальної установи Сумської загальноосвітньої школи I-III ступенів № 24 та порівняння зроблених термограм після проведення заходів з утеплення огорожувальних конструкцій з термограмами до утеплення.

На момент проведення тепловізійного обстеження температура навколишнього середовища становила  $-4^{\circ}\text{C}$ . Середня температура всередині приміщень становила  $20^{\circ}\text{C}$ .

					Аркуш
					31
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

У додатку наведені термограми, які показують типові проблеми по тепловтратам, що притаманні майже всім огороджувальним конструкціям.

Під час тепловізійного обстеження було зроблено 46 термограми. Тепловізійне обстеження проводилося по всьому периметру школи.

З представлених термограм видно, що навіть після заміни вікон значні тепловтрати йдуть на інфільтрацію холодного повітря через віконні стики зі стіною це пов'язано з неякісним монтажем і недотримання правильної технології монтажу вікон. Для запобігання потрапляння надмірного холодного повітря в приміщення через стики, що надалі може призвести плісняви на стіні біля вікон пропонується провести герметизацію цих стиків.

Теплові втрати крізь стіни зменшились після утеплення. Втрати через опалювальні прилади через стіни тепловізором не було виявлено.

						Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ

### 2.1 Методика проведення розрахунку

Наступна методика розрахунку, що викладається в даному підрозділі отримана з літературного джерела з питань теплової ізоляції [14].

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій  $R_{\Sigma \text{пр}}$  м<sup>2</sup> · °С/Вт повинний бути не менше за вимагаємих значень  $R_{q_{\text{min}}}$ , визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3°С та більше, обов'язкове виконання умови:

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

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

$R_{q_{\text{min}}}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup> · °С/Вт.

Мінімально допустиме значення,  $R_{q_{\text{min}}}$ , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт громадських будинків встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища [14].

					Аркуш
					33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Термічний опір і-го шару конструкції, що розраховується за формулою [14]:

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

де  $\delta_i$  – товщина і-го шару конструкції, м;

$\lambda_i$  – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · °С) [14].

Приведений опір теплопередачі  $R_{\Sigma \text{ПР}}$  непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma \text{ПР}} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2.3)$$

де  $\alpha_B$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup> · °С) [14];

$\lambda_i$  – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · °С) [14];

$n$  – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

$\delta_i$  – товщина і-го шару конструкції, м;

$R_i$  – термічний опір і-го шару конструкції, згідно формули (2.2), м<sup>2</sup> · °С/Вт.

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

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі при їх дійсному стані, Вт:

					Аркуш
					34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$Q_0 = \frac{F_{\text{огр}}}{R_{\Sigma \text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \quad (2.4)$$

де  $F_{\text{огр}}$  – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2$ ;

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

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

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря [14].

Тепловтрати через огорожувальні конструкції при нормованих  $R_{\text{qmin}}$ ,  $\text{Вт}$ :

$$Q_0 = \frac{F_{\text{огр}}}{R_{\text{qmin}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \quad (2.5)$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків,  $\text{Вт}$ :

$$Q_{\text{ор}}^{\text{д}} = Q_{\text{стн}} \cdot \beta_{\text{ор}}, \quad (2.6)$$

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

$\beta_{\text{ор}}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу.

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації приймати  $\beta_{\text{ор}} = 0,13$  – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті або над холодними підвалами,  $\text{Вт}$ :

						Аркуш
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{ПДЛ}}^{\text{Д}} = 0,05 \cdot Q_{\text{ПДЛ}}, \quad (2.7)$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи, Вт:

$$Q_{\text{ВКН}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н.ВКН}} \cdot F_{\text{ВКН}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), \quad (2.8)$$

де  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг;

$t_{\text{в}}, t_{\text{з}}$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$G_{\text{н.ВКН}}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, кг/(м<sup>2</sup> · год);

$F_{\text{ВКН}}$  – площа віконних прорізів, м<sup>2</sup>.

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію, Вт:

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot V_{\text{м}} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), \quad (2.9)$$

де  $V_{\text{м}}$  – об'єм повітря, що видаляється з приміщення механічно системою вентиляції, м<sup>3</sup>/год.

## 2.2 Проведення розрахунку

Розрахунки проводимо для будівлі, яка знаходиться у м. Суми (І температурна зона), з нормальним вологісним режимом [10].

						Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 2.2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

### 2.2.1.1 Розрахунок термічного опору стіни

Значення розрахункових теплофізичних характеристик для матеріалів, що представлені в цьому розділі отримані з літературного джерела та інтернет-ресурсу відповідно [14-15].

#### 1. Стіни:

– кладка глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині з

$\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$  товщиною  $\delta_1 = 0,62 \text{ м}$ ;

– розчин цементно-піщаний з  $\lambda_2 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$  товщиною  $\delta_2 = 0,03 \text{ м}$ ;

– теплоізоляційний матеріал «Технофас» з  $\lambda_3 = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$  товщиною  $\delta_3 = 0,1 \text{ м}$ .

За формулою (2.2) знаходимо термічний опір кожного шару стіни:

$$R_{\text{стн1}} = \frac{0,62}{0,81} = 0,76 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{стн2}} = \frac{0,03}{0,81} = 0,037 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{стн3}} = \frac{0,1}{0,037} = 2,7 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні для зовнішніх стін дорівнює  $\alpha_b = 8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ , а зовнішньої  $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$  [14].

					Аркуш
					37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Приведений опір теплопередачі для стін за формулою (2.3):

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{СТН}} = \frac{1}{8,7} + 0,76 + 0,037 + 2,7 + \frac{1}{23} = 3,65 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Для I температурної зони мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків дорівнює  $R_{q \text{ min}}^{\text{СТН}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$  [10].

Оскільки за результатами розрахунків приведений опір більший ніж допустиме значення  $R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{СТН}} > R_{q \text{ min}}^{\text{СТН}}$ , це свідчить про те, що конструкція зовнішнього огороження задовольняє теплотехнічні умови.

#### 2.2.1.2 Розрахунок термічного опору вікна

#### 2. Вікна:

Металопластикові однокамерні вікна ПВХ, формула склопакета за паспортом 4i-10-4i.

- два скла з  $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$  товщиною  $\delta_1 = 0,04 \text{ м}$ ;
- прошарок повітря з  $\lambda_2 = 0,023 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$  товщиною  $\delta_2 = 0,011 \text{ м}$ .

За формулою (2.2) знаходимо термічний опір кожного шару вікна:

$$R_{\text{вкн1}} = \frac{0,008}{0,76} = 0,01 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт},$$

$$R_{\text{вкн2}} = \frac{0,011}{0,023} = 0,48 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт},$$

					Аркуш
					38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Приведений опір теплопередачі для вікна за формулою (2.3):

$$R_{\text{вкн}} = \frac{1}{8,7} + 0,01 + 0,048 + \frac{1}{23} = 0,64 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Приведений опір теплопередачі для вікна менший за мінімальне допустиме значення опору теплопередачі вікна  $R_{q \text{ min}}^{\text{вкн}} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$  [10].

### 2.2.1.3 Розрахунок термічного опору дверей

#### 3. Двері:

Протипожежні двері типу EL60 навчального закладу виконані у відповідності до вимог нормативно-технічної і конструкторської документації на цей тип дверей. За технічною характеристикою двері виконані в 3 шари, 2 шари металу та прошарку теплоізоляційного матеріалу:

- лист металу з  $\lambda_1 = 58 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$  та товщиною  $\delta_1 = 0,014 \text{ м}$ ;
- скловата з  $\lambda_2 = 0,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$  та товщиною  $\delta_2 = 0,026 \text{ м}$ .

За формулою (2.2) знаходимо термічний опір дверей:

$$R_{\text{дв1}} = \frac{0,014}{58} = 0,00024 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт,}$$

$$R_{\text{дв2}} = \frac{0,026}{0,04} = 0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Приведений опір теплопередачі для дверей за формулою (2.3):

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{дв}} = \frac{1}{8,7} + 0,00024 + 0,65 + \frac{1}{23} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

						Аркуш
						39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Приведений опір теплопередачі для дверей більший за допустиме значення опору теплопередачі дверей для I зони по м. Суми  $R_{q\ min}^{дв} = 0,6\ м^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  [10].

#### 2.2.1.4 Розрахунок термічного опору даху

##### 4. Дах:

– залізобетонна плита з  $\lambda_1 = 2,04\ \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$  та товщиною  $\delta_1 = 0,22\ \text{м}$ ;

– цементна стяжка з  $\lambda_2 = 0,81\ \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$  та товщиною  $\delta_2 = 0,07\ \text{м}$ ;

– руберойд з  $\lambda_3 = 0,17\ \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$  та товщиною  $\delta_3 = 0,06\ \text{м}$ .

За формулою (3.2) знаходимо термічний опір кожного шару даху:

$$R_{\text{дах1}} = \frac{0,22}{2,04} = 0,1\ \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{дах2}} = \frac{0,07}{0,81} = 0,086\ \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{дах3}} = \frac{0,06}{0,17} = 0,35\ \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі для даху за формулою (3.3):

$$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{дах}} = \frac{1}{8,7} + 0,1 + 0,086 + 0,35 + \frac{1}{23} = 0,7\ \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі для даху менший за мінімальне допустиме значення опору теплопередачі даху  $R_{q\ min}^{\text{дах}} = 6,0\ \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  [10], що свідчить про необхідність утеплення даху.

						Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



### 2.2.1.5 Розрахунок термічного опору підлоги

#### 5. Підлога:

Термічний опір підлоги розрахуємо за формулою (2.2).

- залізобетонна плита з  $\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$  товщиною  $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$ ;
- розчин цементно-піщаний з  $\lambda_2 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$  товщиною  $\delta_2 = 0,04 \text{ м}$ .

За формулою (2.2) знаходимо термічний опір кожного шару підлоги:

$$R_{\text{пдл1}} = \frac{0,22}{2,04} = 0,1 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{пдл2}} = \frac{0,04}{0,81} = 0,05 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні для підлоги над неопалювальним підвалом дорівнює  $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ , а зовнішньої  $\alpha_{\text{з}} = 12 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$  [10].

Приведений опір теплопередачі для підлоги за формулою (2.3):

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{пдл}} = \frac{1}{8,7} + 0,1 + 0,05 + \frac{1}{12} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

Для I температурної зони м. Суми мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків дорівнює  $R_{q \text{ min}}^{\text{пдл}} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$  [10].

Оскільки за результатами розрахунків приведений опір більший ніж допустиме значення  $R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{пдл}} < R_{q \text{ min}}^{\text{пдл}}$ , то це свідчить про те, що конструкція не задовольняє теплотехнічні умови.

В таблиці 2.1 наведені приведені та мінімально допустимі значення

						Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

термічного опору огорожувальних конструкцій.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ з/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, $\delta_i$ , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр},$	$R_{q \min},$
					$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,62	0,81	3,65	3,3
		Цементно-піщана штукатурка	0,03	0,81		
		Базальтова вата	0,1	0,37		
2	Перекриття	Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,7	6,0
		Цементна стяжка	0,07	0,81		
		Руберойд	0,06	0,17		
3	Вікна	Однокамерні, металопластикові	–	–	0,64	0,75
4	Двері	Протипожежні металічні	0,014	58	0,8	0,6
		Теплоізоляційний матеріал (базальтова вата)	0,026	0,04		

Продовження таблиці 2.1

5	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,35	3,75
		Розчин цементно- піщаний	0,04	0,81		

Утеплення стін призвело до збільшення приведеного опору теплопередачі, що перевищило мінімальне допустиме значення  $R_{\Sigma пр}^{СТН} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{q \text{ min}}^{СТН} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ . Також заміна дерев'яних дверей на металеві з прошарком теплоізоляційного матеріалу  $R_{\Sigma пр}^{ДВ} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{q \text{ min}}^{ДВ} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$  перевищило мінімальне допустиме значення. Це значно покращило стан огорожувальних конструкцій. Інші отримані результати ( $R_{\Sigma пр} \ll R_{q \text{ min}}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [10, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

### 2.2.2 Розрахунок тепловтрат

Розрахунки проводяться за нормативними показниками температури всередині приміщення, зовнішнього повітря, кількості опалювальних днів та середнє значення температури за опалювальний період.

Значення температури всередині та зовнішньої температури повітря для навчальних закладів беремо згідно нормативних даних для м. Суми I температурної зони  $t_{в} = +21 \text{ °C}$ ,  $t_{з} = -25 \text{ °C}$  [9].

Тепловтрати через стіни при їх дійсному стані за формулою (2.4), Вт:

						Аркуш
						43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

З урахуванням всіх світлопрозорих конструкцій та дверей площа стін  
 $F_{\text{СТН}} = 2315,47 \text{ м}^2$ .

$$Q_{\text{СТН}} = \frac{F_{\text{СТН}}}{R_{\Sigma \text{ ПР}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_3) \cdot n,$$

$$R_{\text{СТН}} = 3,65 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, n = 1.$$

$$Q_{\text{СТН}} = \frac{2315,47}{3,65} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 29181,27 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через вікна при їх дійсному стані за формулою (2.4), Вт:

$$Q_{\text{ВКН}} = \frac{F_{\text{ВКН}}}{R_{\Sigma \text{ ПР}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_3) \cdot n,$$

$$F_{\text{ВКН}} = 874,79 \text{ м}^2, R_{\text{ВКН}} = 0,64 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

$$Q_{\text{ВКН}} = \frac{874,79}{0,64} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 67141,31 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через двері при їх дійсному стані за формулою (2.4):

$$Q_{\text{ДВ}} = \frac{F_{\text{ДВ}}}{R_{\Sigma \text{ ПР}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_3) \cdot n, \text{ Вт,}$$

$$F_{\text{ДВ}} = 36,73 \text{ м}^2, R_{\text{ДВ}} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

$$Q_{\text{ДВ}} = \frac{36,73}{0,8} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 2111,97 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через дах при їх дійсному стані за формулою (2.4):

					Аркуш
					44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$Q_{\text{дах}} = \frac{F_{\text{дах}}}{R_{\Sigma \text{ ПР}}^{\text{дах}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{ Вт},$$

$$F_{\text{дах}} = 2397,04 \text{ м}^2, R_{\text{дах}} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

$$Q_{\text{дах}} = \frac{2397,04}{0,7} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 157519,80 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати крізь підлогу при їх дійсному стані за формулою (2.4):

Оскільки підлога знаходиться над неопалювальним підвалом, беремо як температуру ґрунту  $t_{\text{пд}} = +6 \text{ °C}$ .

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

$$F_{\text{пдл}} = 2397,04 \text{ м}^2, R_{\text{пдл}} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

$$Q_{\text{пдл}} = \frac{2397,04}{0,35} \cdot (21 - 6) \cdot 1 = 102730,30 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинку за формулою (2.6):

$$Q_{\text{ст}}^{\text{д}} = 29181,27 \cdot 0,13 = 3793,56 \text{ Вт}.$$

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

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 102730,3 = 5136,51 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи за формулою (2.8):

						Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для громадських будинків допустиме нормативне значення повітропроникності світлопрозорії огорожувальної конструкції  $G_{н.вкн} = 6 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год.}$

$$Q_{вкн}^{інф} = 0,28 \cdot 6 \cdot 934,14 \cdot 1,005 \cdot (21 - (-25)) = 72551,30 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію (2.9):

За технічною документацією об'єм повітря, що механічно видаляється з приміщення  $V_M = 3000 \text{ м}^3/\text{год.}$

$$Q_B = 0,28 \cdot 3000 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (21 - (-25)) = 50483,16 \text{ Вт.}$$

Для аналізу отриманих розрахункових даних знайдемо сумарні тепловтрати через кожен вид огорожувальної конструкції і наведемо їх у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Структура теплових витрат будівельних конструкцій

Складова теплових витрат	Втрати теплоти, кВт	%
Стіни	29,18	5,95
Дах	157,52	32,10
Вікна	67,14	13,68
Двері	2,11	0,43
Інфільтрація	72,55	14,79
Підлога	102,73	20,94
Витяжна вентиляція	50,48	10,29
Інші додаткові витрати	8,93	1,82
Разом	490,65	100,00

Представимо теплові витрати у графічному вигляді рис. 2.1.



Рисунок 2.1- Розподіл теплових витрат

З розрахованих даних видно, що найбільші тепловтрати відбуваються через дах 32,1% та через підлогу 20,94%. Також суттєві втрати тепла приходяться на вікна та інфільтрацію холодного повітря. Це означає, що в першу чергу необхідно зайнятись реконструкцією та утепленням огороджувальних конструкцій. Та приділити увагу світлопрозорим конструкціям, а саме інфільтрації холодного повітря.

### 3 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

#### 3.1 Перелік можливих енергозберігаючих заходів

Запропоновано такі енергозберігаючі заходи:

- 1) Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах);
- 2) Модернізація підвального перекриття;
- 3) Встановлення сенсорних змішувачів;
- 4) Встановлення датчиків присутності в коридорах та у вбиральнях;
- 5) Встановлення сонячного колектора для нагрівання води для харчоблока;
- 6) Герметизація віконних стиків.

#### 3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів

##### 3.2.1 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах)

Поточний стан:

З рисунку 2.1 бачимо, що більша частина тепловтрат, а саме 51,4% припадає на втрати через дах. Утеплення даху призведе не тільки до мінімізації витрат на опалення, а ще й забезпечить запобігання надмірної вологості та захистить від негативного впливу кліматичних умов і опадів.

Опис можливостей з енергозбереження:

Необхідно накласти теплоізоляцію зовні, оскільки такий спосіб має ряд

						Аркуш
						48
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



переваг: утеплюється вся поверхня даху, включаючи вузли прилягання перекриттів; попереджує передчасне руйнування даху, що може бути викликано коливаннями температур та атмосферними опадами; не треба переривати робочого процесу. Пропонується утеплювати дах за рисунком 3.1 [17].

Для утеплення даху будівлі пропонується базальтова вата. Теплопровідність якого складає  $\lambda = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  [15].



Рисунок 3.1 – Схема утеплення даху

Визначимо товщину теплоізоляційного шару для утеплення даху розраховується за формулою (3.1). Для обстежуваної будівлі товщина теплоізоляції буде становити, см:

$$\delta_{\text{ут}} = (R_{q\text{min}} - R_{\text{зах}}) \cdot \lambda_{\text{ут}}, \quad (3.1)$$

$$\delta_{\text{ут}} = (6,0 - 0,7) \cdot 0,037 = 0,19 \text{ м} = 19 \text{ см.}$$

Найближче більше значення товщини матеріалу, що на даний момент є в продажу – 0,2 м або 200 мм.

Величина площі даху, який необхідно утеплювати, складає – 2397,04 м<sup>2</sup>. Втрати теплової енергії через дах до впровадження заходу склали  $Q_{\text{дах}} = 157519,80 \text{ Вт}$ .

					Аркуш
					49
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Втрати теплової енергії через дах після впровадження заходу розрахуємо за формулою (3.2), Вт:

$$Q_{\text{зах}}^{\text{із}} = \frac{F_{\text{огр.к}}}{R_{q\text{min}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{дах}}^{\text{із}} = \frac{2397,04}{6,0} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 18377,31 \text{ Вт.}$$

Економія витрат після утеплення даху розраховуємо за формулою (3.3), кВт:

$$\Delta Q_{\text{зах}} = Q_{\text{зах}} - Q_{\text{зах}}^{\text{із}}, \quad (3.3)$$

$$\Delta Q_{\text{дах}} = 157,52 - 18,38 = 139,14 \text{ кВт.}$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу розраховуємо за формулою (3.4), кВт · год/рік:

$$Q_{\text{зах}}^{\text{рік}} = \Delta Q_{\text{зах}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}}, \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{дах}}^{\text{ек.рік}} = 139,14 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 304090,40 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

$$304090,40 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 261,52 \text{ Гкал/рік.}$$

Для визначення більш точного результату економії від впровадження енергозберігаючого заходу необхідно провести корегування розрахункових результатів енергозберігаючих заходів щодо базового рівня енергоспоживання.

Для початку порівняємо розрахункові та дійсні дані по теплоспоживанню за останній опалювальний рік.

						Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі, кВт, за опалювальний період визначається за формулою (3.5):

$$Q_{\phi} = a \cdot q_{\text{пит}}^{\phi} \cdot V_{\phi} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}}) \cdot 10^{-3}, \quad (3.5)$$

де  $V_{\phi}$  – зовнішній об'єм будівлі, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{в}}$  – температура по приміщеннях будівлі, °С [10];

$t_{\text{з.р}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для міста, де розташована будівля, °С [9];

$a$  – поправковий коефіцієнт, який визначається за формулою (3.6) [16]:

$$a = 0,54 + \frac{t_{\text{в}}}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}})}, \quad (3.6)$$

$$a = 0,54 + \frac{21}{(21 - (-25))} = 1,01.$$

Фактична питома опалювальна характеристика будівлі визначається за формулою (3.7), Вт/м<sup>3</sup> · °С:

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{P_{\phi}}{F_{\phi}} \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{стн}}} + g_0 \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{вкн}}} - \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{стн}}} \right) \right) + \frac{1}{H_{\phi}} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{стл}}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{пдлг}}} \right), \quad (3.7)$$

де  $P_{\phi}$  – периметр будівлі за зовнішніми розмірами огорожувальних конструкцій, м;

$F_{\phi}$  – площа будівлі в межах периметра, м<sup>2</sup>;

$H_{\phi}$  – висота будівлі з урахуванням усіх опалювальних приміщень, м;

$g_0$  – коефіцієнт скління будівлі;

					Аркуш
					51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$R_{\Sigma пр}^{стн}$  – приведений опір теплопередачі зовнішніх стін,  $m^2 \cdot K / Вт$  (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma пр}^{стл}$  – приведений опір теплопередачі стелі будівлі,  $m^2 \cdot K / Вт$  (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma пр}^{пдлг}$  – термічний опір теплопередачі підлоги будівлі,  $m^2 \cdot K / Вт$  (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma пр}^{вкн}$  – опір теплопередачі вікон,  $m^2 \cdot K / Вт$  (див. таблиця 2.1).

Для зручності представлення розрахунків будівля школи розбивається на умовні блоки за висотою будівлі:

Фактична питома опалювальна характеристика будівлі за формулою (3.7):

Блок I:

$$q_{пит1}^{\phi} = \frac{183,72}{1146,25} \cdot \left( \frac{1}{3,65} + 0,3 \cdot \left( \frac{1}{0,64} - \frac{1}{3,65} \right) \right) + \frac{1}{11,9} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{0,7} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,35} \right) \\ = 0,36 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С.}$$

Блок II:

$$q_{пит2}^{\phi} = \frac{114,2}{1250,79} \cdot \left( \frac{1}{3,65} + 0,3 \cdot \left( \frac{1}{0,64} - \frac{1}{3,65} \right) \right) + \frac{1}{8,9} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{0,7} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,35} \right) \\ = 0,40 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С.}$$

Максимальна теплова потужність будівлі за формулою (3.5):

Блок I:

$$Q_{61} = 1,01 \cdot 0,36 \cdot 13640,41 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 228,14 \text{ кВт.}$$

						Аркуш
						52
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Блок II:

$$Q_{б1} = 1,01 \cdot 0,4 \cdot 11132,01 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 206,87 \text{ кВт.}$$

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі:

$$Q_б = 228,14 + 206,87 = 435,01 \text{ кВт.}$$

Розрахункова величина теплової енергії за опалювальний період за формулою (3.8), Гкал/рік:

$$Q_{р.оп} = Q_б \cdot \frac{(t_в^{cp} - t_{cp.п})}{(t_в^{cp} - t_{з.р})} \cdot 24 \cdot n_{оп} \cdot 8,6 \cdot 10^{-4}, \quad (3.8)$$

де  $t_в$  – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$t_{cp.п}$  – середня температура зовнішнього повітря за відповідний період, де розташована будівля, °С [9];

$t_{з.р}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря [9], °С;

$n_{оп}$  – кількість діб за відповідний період опалення [9].

$$Q_{р.оп} = 435,01 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 817,60 \text{ Гкал/рік.}$$

Згідно наданих облікових даних по закладу за 2018 рік, фактичні обсяги теплоспоживання на опалення навчального закладу становлять  $Q_{ф.оп} = 528,7596$  Гкал/рік. Фактична величина є меншою від необхідної розрахункової на 54,63%

Встановлений факт невідповідності у споживанні теплової енергії

						Аркуш
						53
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

дійсних показників з розрахунковими свідчить про те, що навчальний заклад не отримує у повному обсязі теплової енергії від системи тепlopостачання. Це може бути пов'язано з занадто жорсткою економією у споживанні теплової енергії, недогріванні теплоносія, який подається у систему опалення, температура якого не відповідає температурному графіку та магістральними втратами.

Далі визначимо процентне співвідношення розрахункової величини економії теплоти від впровадження заходу до розрахункового споживання теплоти за рік за формулою (3.9),%:

$$\delta Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} \cdot 100}{Q_{\text{р.оп}}}, \quad (3.9)$$

де  $Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}}$  – розрахункова величина економії теплової енергії за опалювальний рік від енергозбережного заходу, кВт · год/рік або Гкал/рік;

$Q_{\text{р.оп}}$  – розрахункова величина теплової енергії, яку повинно було спожити всією будівлею за останній опалювальний період, кВт · год/рік або Гкал/рік.

Для даху:

$$\delta Q_{\text{дах}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{261,52 \cdot 100}{817,6} = 32,00\%.$$

Визначене процентне співвідношення переноситься на дійсну (фактичну) величину споживання теплової енергії за останній опалювальний період  $Q_{\text{д.оп}}$  кВт · год/рік, або Гкал/рік, який є базовим рівнем теплоспоживання. Таким чином, скорегована економія тепла від базового рівня споживання, кВт · год/рік або Гкал/рік, визначається за формулою (3.10):

						Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{зах.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{\delta Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} \cdot Q_{\text{доп}}}{100}, \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{дах.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{32,00 \cdot 528,7596}{100} = 169,20 \text{ Гкал/рік.}$$

Річна економія витрат на експлуатацію системи тепlopостачання після впровадження енергозбережного заходу знаходиться за формулою (3.11), тис. грн/рік.:

$$\Delta E = Q_{\text{зах.б}}^{\text{Ек.рік}} \cdot \frac{S_{\text{п}}}{1000}, \quad (3.11)$$

де  $S_{\text{п}}$  – вартість теплової енергії за одиницю продукції, грн/Гкал.

$$\Delta E = 169,20 \cdot \frac{1858,6}{1000} = 314,47 \text{ тис. грн/рік.}$$

Визначимо простий термін окупності за формулою (3.12), рік:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E}, \quad (3.12)$$

де  $K$  – вартість впровадження заходу, грн.

$$T_{\text{ок}} = \frac{1156,02}{314,47} = 3,67 \text{ роки.}$$

Вартість впровадження заходу залежить від складності проекту та витрат на матеріали, що детально визначається на етапі планування проекту.

Орієнтовна вартість заходу наведена в таблиці 3.1 [17-22].

						Аркуш
						55
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Кошторис по утепленню даху

Найменування робіт	Габарити матеріалу	Кількість	Ціна, грн. за м <sup>2</sup> ; шт.	Ціна, грн.
Роботи з утеплення ватою		Вся покрівля	25,00	59926
Базальтова вата Перший шар Марка «ROCKWOOL» Multirock Roll 150 мм	6,25 x 1 м	384 упаковок	129,44	310272,86
Базальтова вата Другий шар Марка «ROCKWOOL» серія «ROCKMIN» 50мм	10,8 м в 1 упаковці	222 упаковок	63,7	152691,40
ПВХ мембрана «Soprema Flagon» EP/PR 1.5, армована	20 x 2,1 м	252 рулони	250,00	599260
Пароізоляційна сітка «JUTA» H110	1,5 x 50 м	72 рулони	13,14	31497,11
ДЮБЕЛЬ WKRET- MET 220 MM	5 шт на 1м <sup>2</sup>	480 шт.	4,95	2376
Всього грн.	1156023,37			

Оскільки простий термін окупності становить більше 2 років він не враховує цінність майбутніх надходжень стосовно поточного часу. Для визначення доцільності проекту проведемо аналіз його ефективності.

Для аналізу ефективності проекту проведемо розрахунок рентабельності

					Аркуш
					56
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	



проекту та визначимо чистий дисконтований дохід.

Визначаємо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою (3.13) [23-24]:

$$R_p = \sum_{t=1}^T \Pi_t / \sum_{t=1}^T (B_t + K_t), \quad (3.13)$$

де  $\Pi$  – прибуток, грн;

$B$  – поточні витрати, тис. грн;

$K$  – капітальні витрати, тис. грн;

$T$  – останній рік розрахункового періоду, рік;

$t$  – поточний рік у розрахунковий період, рік.

$$R_p = 314,47/1156,02 = 0,27.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (3.14) [23-24]:

$$T_{д.ок} = K \cdot (1 + E)^t / \sum_{t=1}^T (D_t - B_t), \quad (3.14)$$

де  $E$  – ставка дисконтування, частка од.;

$D$  – дохід, тис. грн

Ставку дисконтування беремо 25% за даними банків по м. Суми.

Зі ставкою дисконтування термін окупності проекту становить:

$$T_{д.ок} = 1156,02 \cdot (1 + 0,25)/314,47 = 4,6 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (3.15) [23-24]:

$$NVP = -C_0 + \sum \frac{\Delta E}{(1+E)^n}, \quad (3.15)$$

					Аркуш
					57
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де  $C_0$  – величина інвестицій, грош. од.;

$\Delta E$  – грошовий потік, грош. од.;

$E$  – ставка дисконтування, %;

$n$  – кількість років.

Якщо  $NPV > 0$ , то проект є вигідним, якщо  $NPV < 0$ , то – невигідним.

Термін служби матеріалу 30 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.2 - Значення показника чистої приведеної вартості для утеплення даху базальтовою ватою

Рік	Витрата, тис.грн	Грошовий потік, $\Delta E$ , тис.грн	Чистий дисконтований потік, тис.грн
0	1156,02	-	-
1		314,47	251,576
2		314,47	201,2608
3		314,47	161,00864
4		314,47	128,806912
5		314,47	103,0455296
6		314,47	82,43642368
7		314,47	65,94913894
8		314,47	52,75931116
9		314,47	42,20744892
10		314,47	33,76595914
11		314,47	27,01276731
12		314,47	21,61021385
13		314,47	17,28817108

Продовження таблиці 3.2

14		314,47	13,83053686
15		314,47	11,06442949
16		314,47	8,851543593
17		314,47	7,081234874
18		314,47	5,664987899
19		314,47	4,531990319
20		314,47	3,625592256
21		314,47	2,900473804
22		314,47	2,320379044
23		314,47	1,856303235
24		314,47	1,485042588
25		314,47	1,18803407
26		314,47	0,950427256
27		314,47	0,760341805
28		314,47	0,608273444
29		314,47	0,486618755
30		314,47	0,389295004
Ставка дисконтування			25%
NPV			100,30

Оскільки рентабельність проекту більша за реальну процентну ставку, а дисконтований дохід виконує умову  $NPV > 0$ , то проект є вигідним.

### 3.2.2 Модернізація підвального перекриття

Поточний стан:

Під навчальним закладом наявний неопалювальний підвал, де розміщені тепловий пункт та стрільбище. Холодна підлога навчального закладу пропускає значну кількість тепла – 16,76%, що в значній мірі збільшує витрати на опалення. Опалення з неутепленою підлогою є витратним завданням і при цьому підлога все одно залишається холодною, що в свою чергу ускладнює проводити уроки на першому поверсі. Утеплення підлоги в навчальному закладі призведе до мінімізації витрат на опалення та зменшить створення конденсату влітку.

Опис можливостей з енергозбереження:

Утеплення перекриття буде проходити зі сторони підвалу. Оскільки цей варіант є більш дешевшим та менш трудомістким для навчального закладу, аніж варіант утеплення над поверхом. Для утеплення підлоги будівлі пропонується скловата. Плити якої будуть кріпитися клеєм.

Теплопровідність якої складає  $\lambda = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  [15].

Визначимо товщину теплоізоляційного шару для утеплення підлоги розраховується за формулою (3.1). Для обстежуваної будівлі товщина теплоізоляції буде становити, см:

$$\delta_{\text{ут}} = (3,75 - 0,35) \cdot 0,04 = 0,14 \text{ м} = 14 \text{ см.}$$

Найближче більше значення товщини матеріалу, що на даний момент є в продажу – 0,15 м або 150 мм.

Величина площі підлоги, який необхідно утеплювати, складає – 2397,04 м<sup>2</sup>. Втрати теплової енергії через підлогу до впровадження заходу складала  $Q_{\text{пдл}} = 102730,30 \text{ Вт}$ .

						Аркуш
						60
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Втрати теплової енергії через підлогу після впровадження заходу розрахуємо за формулою (3.2), Вт:

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{із}} = \frac{2397,04}{3,75} \cdot (21 - 6) \cdot 1 = 9558,16 \text{ Вт.}$$

Економія витрат після утеплення підлоги розрахуємо за формулою (3.3), кВт:

$$\Delta Q_{\text{пдл}} = 102,73 - 9,59 = 93,14 \text{ кВт.}$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу розрахуємо за формулою (3.4), кВт · год/рік:

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{Ек.рік}} = 93,14 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - 6)} \cdot 24 \cdot 187 = 624246 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

$$624246 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 536,85 \text{ Гкал/рік.}$$

Проведемо корегування розрахункових результатів енергозбережних заходів щодо базового рівня енергоспоживання.

Визначимо процентне співвідношення розрахункової величини економії теплоти від впровадження заходу до розрахункового споживання теплоти за рік за формулою (3.9),%:

Для підлоги:

$$\delta Q_{\text{пдл}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{536,85 \cdot 100}{817,6} = 65,66\%.$$

Визначене процентне співвідношення переноситься на дійсну

						Аркуш
						61
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

(фактичну) величину споживання теплової енергії за останній опалювальний період  $Q_{д.оп}$  кВт · год/рік, або Гкал/рік, який є базовим рівнем теплоспоживання. Таким чином, скорегована економія тепла від базового рівня споживання, кВт · год/рік або Гкал/рік, визначається за формулою (3.10):

$$Q_{пдл.б}^{Ек.рік} = \frac{65,66 \cdot 528,7596}{100} = 347,18 \text{ Гкал/рік.}$$

Річна економія витрат на експлуатацію системи тепlopостачання після впровадження енергозбережного заходу знаходиться за формулою (3.11), тис. грн/рік:

$$\Delta E = 347,19 \cdot \frac{1858,6}{1000} = 645,29 \text{ тис. грн/рік.}$$

Визначимо простий термін окупності за формулою (3.12), рік:

$$T_{ок} = \frac{1372,73}{645,29} = 2,12 \text{ роки.}$$

В таблиці 3.3 наведено кошторис по утепленню підлоги [20, 25-28].

Таблиця 3.3 – Кошторис по утепленню підлоги

Найменування робіт	Габарити матеріалу	Кількість	Ціна, грн. за м <sup>2</sup> ; шт.	Ціна, грн.
Роботи з утеплення		Весь підвал	115,6	277097,80
Скловата «ПРОФиТЕП 150 Норма»	1 упаковка на 4,5 м <sup>2</sup>	533 упаковки	472,91	252061,03

Продовження таблиці 3.3

Пароізоляційна сітка«JUTA» Н110	1,5 x 50 м	72 рулони	13,14	31497,11
Клей для теплоізоляції «BauGut KLT 25 кг»	6 кг на 1м <sup>2</sup>	575 шт.	109,8	63135,00
Штукатурка (цементно-піщана)	1 мішок по 25 кг, 10 кг на 1м <sup>2</sup>	960 мішків	65,18	62572,80
Всього грн.	1372727,48			

Для аналізу ефективності проекту проведемо розрахунок рентабельності проекту та визначимо чистий дисконтований дохід.

Визначаємо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою (3.13) [23-24]:

$$R_p = 645,29/1372,73 = 0,47.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (3.14) [23-24]:

$$T_{д.ок} = 1372,73 \cdot (1 + 0,25)/645,29 = 2,65 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (3.15) [23-24]:

Якщо  $NPV > 0$ , то проект є вигідним, якщо  $NPV < 0$ , то – невигідним.

Термін служби матеріалу 20 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.4.

Рентабельність проекту більша за реальну процентну ставку 25%, а дисконтований дохід виконує умову  $NPV > 0$  - проект є вигідним.

Таблиця 3.4 - Значення показника чистої приведеної вартості для скловолокна

Рік	Витрата, тис.грн	Грошовий потік, Сп, тис.грн	Чистий дисконтований потік, тис.грн
0	1372,73	-	-
1		645,29	516,232
2		645,29	412,9856
3		645,29	330,38848
4		645,29	264,310784
5		645,29	211,4486272
6		645,29	169,1589018
7		645,29	135,3271214
8		645,29	108,2616971
9		645,29	86,6093577
10		645,29	69,28748616
11		645,29	55,42998893
12		645,29	44,34399114
13		645,29	35,47519291
14		645,29	28,38015433
15		645,29	22,70412347
16		645,29	18,16329877
17		645,29	14,53063902
18		645,29	11,62451121
19		645,29	9,299608971
20		645,29	7,439687177



### Продовження таблиці 3.3

Ставка дисконтування	25%
NPV	1178,67

#### 3.2.3 Встановлення сенсорних змішувачів

Опис можливостей з енергозбереження:

Встановлення автоматичних сенсорних змішувачів дозволяє економити гарячу і холодну воду і є дуже ефективним енергозберігаючим заходом. Економічний ефект досягається завдяки значному скороченню часу протікання води [29].

Автоматичні сенсорні змішувачі служать для автоматичного включення і відключення подачі води до миття і раковин і для термостатичного регулювання її температури. Таким чином, сенсорні змішувачі відрізняються від звичайних змішувачів відсутністю вентилів для регулювання води [29].

Принцип роботи такого змішувача:

Працює прилад в такий спосіб. У його корпус вбудований спеціальний датчик (фотоелектричний або ємнісний), при тому, що піднесло рук до якого спрацьовує електромагніт, що включає клапан і подає воду в виливши. Температура задається до включення за допомогою невеликого важеля на корпусі приладу. Це регулювання можна відключити, запрограмувавши прилад через блок управління на подачу води потрібної температури (наприклад, + 38 ° C). Така конструкція дозволяє не витратити час на настройку температури витікаючої рідини і мінімізувати витрати гарячої води. При цьому знижується ймовірність отримання опіку споживачем при можливе відключення холодної води. У порівнянні з іншими типами змішувачів економія води може скласти більше 45% [30].

						Аркуш
						65
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Максимальний секундний витрата в безконтактному змішувачі теж може бути заданий автоматично. У приладі він становить 0,1 л/с. У двохвентильних і одноважільних змішувачах величина витрат досягає 0,2 л/с. На підставі досвідчених даних доведено, що знижене значення витрати до 0,1 л/с є абсолютно нормальним і комфортним, наприклад, при митті рук [30].

Безконтактний змішувач може працювати від акумуляторів або від мережі. На випадок відключення електрики передбачається спеціальний резервний акумулятор, який встановлюється в блоці управління [30].

Визначимо річну економію гарячої та холодної води від встановлення сенсорних змішувачів за формулою (3.16) м<sup>3</sup>:

$$\Delta V = K_e \cdot V_n, \quad (3.16)$$

де  $K_e$  – коефіцієнт економії сенсорних змішувачів;

$V_n$  – об'єм води, споживаної через існуючі змішувачі за базовий рік (рахується окремо для гарячої та холодної води), м<sup>3</sup>.

В навчальному закладі наявно 21 змішувач.

$$V_{ГВ} = 766,00 \text{ м}^3,$$

$$V_{ХВ} = 1369,72 \text{ м}^3.$$

Фактична економія витрати води при використанні сенсорних змішувачів 45% [30].

Визначимо річну економію гарячої та холодної води від встановлення сенсорних змішувачів за формулою (3.16) м<sup>3</sup>:

$$\Delta V_{ГВ} = 0,45 \cdot 766,00 = 344,70 \text{ м}^3,$$

$$\Delta V_{ХВ} = 0,45 \cdot 1369,72 = 616,37 \text{ м}^3.$$

Тоді річна економія на витрату води в грошах при дійсних тарифах на водопостачання в навчальному закладі:

						Аркуш
						66
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тарифи на водопостачання:

Гаряче водопостачання— 89,49 грн/ м<sup>3</sup>,

Холодне водопостачання—8,56 грн/ м<sup>3</sup>.

$$\Delta E_1 = 344,70 \cdot 89,49 + 616,37 \cdot 8,56 = 36123,33 \text{ грн.}$$

Визначимо економію кількості тепла витраченої на обігрів води (3.17):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t, \quad (3.17)$$

де  $m$  — маса затраченої води, кг;

$c$  — питома теплоємність води, Дж/(кг · °С);

$\Delta t$  — різниця температур, °С.

$$t_r = +60^\circ\text{C},$$

$$t_x = +20^\circ\text{C};$$

Питома теплоємність води  $c = 4183$  Дж/(кг · °С).

Тоді необхідна кількість тепла на нагрівання гарячої води до встановлення змішувачів:

$$Q_1 = 766000 \cdot 4183 \cdot (60 - 20) \cdot 2,78 \cdot 10^{-7} = 35601,97 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

Тоді необхідна кількість тепла на нагрівання гарячої води після встановлення змішувачів:

$$Q_2 = 344700 \cdot 4183 \cdot (60 - 20) \cdot 2,78 \cdot 10^{-7} = 16020,89 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

Економія кількості тепла:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = 35601,97 - 16020,89 = 19581,08 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік,}$$
$$19581,08 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 17 \text{ Гкал.}$$

					Аркуш
					67
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Річна економія тепла в грошову еквіваленті:

$$\Delta E_2 = 17 \cdot \frac{1858,6}{1000} = 31,59 \text{ тис. грн/рік.}$$

Вартість впровадження заходу:

Пропонується встановити змішувач типу «ORAS Optima 1714F» [31].

Ціна одного змішувача— 3,940 тис. грн/шт [31].

Вартість повного впровадження:

$$C = 21 \cdot 3,940 = 82,740 \text{ тис. грн.}$$

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{82,740}{36,123 + 31,59} = 1,22 \text{ роки.}$$

### 3.2.4 Встановлення датчиків присутності в коридорах та у вбиральні

В навчальному закладі, а саме в коридорах на 1, 2, 3 поверсі та в вбиральнях постійно горить світло протягом всього робочого дня, оскільки в тих місцях природне освітлення майже відсутнє. Там встановлені люмінесцентні лампи в кількості 24 шт. на одному поверсі потужністю однієї 18 Вт. Річна тривалість роботи освітлення в тих місцях 2880 год/рік. Кількість використаної електроенергії в рік 1244,16 кВт · год/рік.

Опис можливостей з енергозбереження:

Пропонується встановити датчики присутності для включення світла.

Принцип роботи датчика:

					Аркуш
					68
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Датчики руху і присутності автоматично включають/вимикають освітлення в приміщенні в залежності від інтенсивності природного потоку світла і / або присутності людей. Принцип їх дії заснований на реєстрації зміни інфрачервоного (ІЧ) випромінювання, викликаного переміщенням або діяльністю людини [32].

Датчики руху і датчики присутності реагують на появу і зникнення ІК світла на фотоелементі. Такі появи-зникнення ІК світла найчастіше викликані діяльністю людини [32].

Датчик присутності реагує на всі незначні рухи, зазвичай здійснюються людиною, коли він стоїть або сидить: рух пальців по клавіатурі, похитування голови і т.п. Якщо людина буде сидіти абсолютно нерухомо, то через заданий час датчик відключить світло [32].

Фактична економія електроенергії з таким датчиком - 50%.

Економія електроенергії після встановлення датчика:

$$\Delta W = 0,5 \cdot 1244,16 = 622,08 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Річна економія в грошах при дійсному тарифі на електроенергії, грн/рік:

Електрична енергія – 2,87 грн/кВт · год.

$$\Delta E = 2,87 \cdot 622,08 = 1,785 \text{ тис. грн} / \text{рік}.$$

Вартість впровадження заходу:

Пропонується встановити датчики фірми Hager EVR\_SP814 [33], ціна за одиницю продукції – 1,626 тис. грн/шт. Пропонується встановити 8 шт. на вході в коридор та на вході в вбиральню.

Вартість повного впровадження:

$$C = 8 \cdot 1,626 = 13,008 \text{ тис. грн}.$$

						Аркуш
						69
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{13,008}{1,626} = 7,28 \text{ роки.}$$

Для аналізу ефективності проекту проведемо розрахунок рентабельності проекту та визначимо чистий дисконтований дохід.

Визначаємо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою (3.13) [23-24]:

$$R_p = 1,626/13,008 = 0,12.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (3.14) [23-24]:

$$T_{\text{д,ок}} = 13,008 \cdot (1 + 0,25)/1,626 = 10 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (3.15) [23-24]:

Якщо  $NPV > 0$ , то проект є вигідним, якщо  $NPV < 0$ , то – невигідним.

Термін гарантії від виробника 1 рік. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.4.

Рентабельність проекту більша за реальну процентну ставку 25%, а дисконтований дохід виконує умову  $NPV > 0$  - проект є вигідним.

Таблиця 3.4 - Значення показника чистої приведеної вартості для датчиків

Рік	Витрата, тис.грн	Грошовий потік, Сп, тис.грн	Чистий дисконтований потік, тис.грн
0	13,008	-	-
1		1,626	1,3008
2		1,626	1,041

Продовження таблиці 3.4

3		1,626	0,833
4		1,626	0,666
5		1,626	0,533
6		1,626	0,426
7		1,626	0,341
8		1,626	0,273
9		1,626	0,218
10		1,626	0,175
Ставка дисконтування			25%
NPV			-7,20

За результатами розрахунку рентабельності запропонованого заходу та результатами дисконтованого прибутку які наведені в таблиці 3.4 бачимо, що даний захід не є вигідним, рентабельність менша за дисконтовану ставку, а проект не окупається навіть через 10 років.

### 3.2.5 Встановлення сонячного колектора для нагрівання води для харчоблока

Опис можливостей з енергозбереження:

За їх допомогою сонячна енергія трансформується в теплову, і передається в бак непрямого нагріву. Колектор активно застосовується в так званих альтернативних системах нагріву води [34].

Вакуумні сонячні колектори актуальні протягом цілого року, а їхній ККД може сягати 95%. Ключові переваги цих систем:

- легка вага робить процес транспортування і встановлення максимально простим;
- зручність монтажу і використання, можливість експлуатації навіть взимку або в похмурі дні;
- ефективна робота автоматики, потужність і тривалий термін служби, повна безпечність сонячних водонагрівачів [34].

До всесезонних систем відносяться вакуумні колектори з термотрубками. Принцип дії таких колекторів простий і нагадує роботу установки центрального опалення. Це замкнена система, в якій, через верхню частину колектора і змійовик протікає рідина. Ця рідина забирає тепло з мідних наконечників, а потім гаряча рідина перекачується через змійовик бака-акумулятора і нагріває воду в баку. Цикл передачі тепла з колектора до акумулятора триває до тих пір, поки триває день (і температура на виході колектора вище температури в баку на рівні теплообмінника). Роботу насоса контролює електронний контролер. Датчики контролера знаходяться в колекторі і в баку-акумуляторі. Вони вимірюють температуру в системі. Крім того, розширювальний бак оберігає систему від занадто високого тиску, що виникає при зростанні температури і не використанні води споживачами [35].

Сенс сонячних колекторів - збір і акумуляування сонячного випромінювання (сонячної радіації) з максимально можливою ефективністю. При створенні сонячного водонагрівача було використано кілька загальновідомих принципів. Так, наприклад, для самого нагрівача - «парниковий ефект», здатність сонячних променів вільно проникати через прозорі матеріали в замкнутий простір після чого перетворюватися в теплову енергію, яка вже не може вільно виходити назад крізь прозору «дах» установки. У гідравлічних схемах сонячних колекторів має місце термосифонний ефект - здатність нагрітої рідини підніматися над холоднішою, при цьому остання переміщується вниз до місця нагріву[36].

						Аркуш
						72
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Пропонується встановлення вакуумного колектора для великих об'ємів води «Altek» [37].

Фактично протягом року всесезонний сонячний колектор може дати 70% економії [38].

Визначимо кількість гарячої води яку буде обігрівати сонячний колектор протягом року, м<sup>3</sup>:

$$\Delta V_{ГВ} = 0,7 \cdot 766,00 = 536,2 \text{ м}^3,$$

Тоді річна економія в грошах при дійсних тарифах на водопостачання в навчальному закладі:

Тарифи на водопостачання:

Гаряче водопостачання – 89,49 грн/ м<sup>3</sup>.

$$\Delta E_1 = 536,2 \cdot 89,49 = 47,984 \text{ тис. грн.}$$

Тоді економія необхідної кількості тепла на нагрівання гарячої води до встановлення колектора (3.17):

$$Q = 536200 \cdot 4183 \cdot (60 - 20) \cdot 2,78 \cdot 10^{-7} = 24941,32 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік},$$
$$24941,32 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 21,69 \text{ Гкал.}$$

Річна економія тепла в грошову еквіваленті:

$$\Delta E_2 = 21,69 \cdot \frac{1858,6}{1000} = 40,31 \text{ тис. грн/рік.}$$

Вартість впровадження заходу:

Пропонується встановити геліосистему фірми «Altek» [37].

						Аркуш
						73
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Вартість самої системи – 196,614 тис. грн.

Вартість допоміжного обладнання для встановлення системи становить 20% від ціни самої системи – 39,323 тис. грн [37].

Вартість повного впровадження:

$$C = 196,614 + 39,323 = 235,937 \text{ тис. грн.}$$

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{235,937}{47,984 + 40,31} = 2,67 \text{ роки.}$$

Для аналізу ефективності проекту проведемо розрахунок рентабельності проекту та визначимо чистий дисконтований дохід.

Визначаємо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою (3.13) [23-24]:

$$R_p = (47,984 + 40,31)/235,937 = 0,37.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (3.14) [23-24]:

$$T_{\text{д,ок}} = 235,937 \cdot (1 + 0,25)/(47,984 + 40,31) = 3,34 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (3.15) [23-24]:

Якщо  $NPV > 0$ , то проект є вигідним, якщо  $NPV < 0$ , то – невигідним.

Термін гарантії від виробника 25 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.5.

Рентабельність проекту більша за реальну процентну ставку 25%, а дисконтований дохід виконує умову  $NPV > 0$  - проект є вигідним.

					Аркуш
					74
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Таблиця 3.5 - Значення показника чистої приведеної вартості для сонячного колектора

Рік	Витрата, тис.грн	Грошовий потік, Сп, тис.грн	Чистий дисконтований потік, тис.грн
0	235,937	-	-
1		88,294	70,635
2		88,294	56,508
3		88,294	45,207
4		88,294	36,165
5		88,294	28,932
6		88,294	23,146
7		88,294	18,517
8		88,294	14,813
9		88,294	11,851
10		88,294	9,480
11		88,294	7,584
12		88,294	6,068
13		88,294	4,854
14		88,294	3,883
15		88,294	3,107
16		88,294	2,485
17		88,294	1,988
18		88,294	1,591
19		88,294	1,272
20		88,294	1,018

Продовження таблиці 3.5

21		88,294	0,814
22		88,294	0,651
23		88,294	0,521
24		88,294	0,417
25		88,294	0,334
Ставка дисконтування			25%
NPV			79,32

За результатами розрахунків бачимо, що проект є вигідний оскільки показник  $NPV > 0$ . Рентабельність проекту -  $R_p > 0$ .

### 3.2.6 Герметизація віконних стиків

Найчастіше після проведення заміни старих вікон на нові склопакети виявляються проблемні місця, а саме проблеми в прилеглих стиках склопакета зі стіною внаслідок не правильного монтажу. Втрати через віконні стики за стіною наведено в додатку Б.

Основними причинами протікання і протягів в місцях віконних примикань є:

- Погана герметизація монтажною піною, якою запінили примикання віконники.
- Відсутність або поганий стан оцинкованих відливів над віконним склопакетом.
- Відсутність герметизації оцинкованих відливів [39].

Опис можливостей з енергозбереження:

						Аркуш
						76
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Пропонується використати герметик. Герметик еластичний, він відмінно розтягується і може витримати численні деформації, які відбуваються з піною і самою будівлею при зміні зовнішніх умов. Він стійкий до ультрафіолетового випромінювання і не буде кришитися або тріскатися. Герметик стійкий до високих і низьких температур, не вбирає вологу, що особливо важливо при утворенні льоду. Вода при температурах нижче нуля сильно розширюється і руйнує мокру поверхню. Герметик має велику зносостійкість, ніж шпаклівки і фарби, особливо зовні будівлі [40].

Силіконові герметики - сьогодні вони вважаються найбільш поширеними. Виготовляють їх на основі силіконових каучуків, і бувають 2 видів - ацетатні і нейтральні [40].

Ацетатні герметики мають кращу адгезію і мають високу міцність, але тільки на гладких поверхнях, таких, як скло. При вулканізації вони виділяють оцтову кислоту, а через це необхідно ретельно провітрювати приміщення, якщо такий герметик використовується при герметизації віконних швів. Такий герметик добре використовувати для герметизації щілин на самому склі, в районі ущільнювачів гумок. Не можна користуватися таким герметиком при герметизації вікон, якщо матеріали можуть вступити в хімічну реакцію з кислотою. Нейтральні силіконові герметики відрізняються високою адгезією і до пористим поверхням теж, тому вони часто використовуються при герметизації зовнішніх швів при установці вікон. У таких випадках одна поверхню (віконна рама) - гладка, а інша при цьому пориста (бетон, цегла). Нейтральні герметики не мають запаху, в процесі їх вулканізації виділяються менш токсичні речовини. Крім того, з ними легко працювати. Такі герметики здатні зберігати свої властивості в дуже широкому діапазоні температур - від  $-50$  до  $+180$  °C [40].

Заслуговує на увагу дивовижна гнучкість силіконових герметиків - ці матеріали здатні розтягуватися приблизно на 250% від свого початкового

						Аркуш
						77
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

розміру, та й після засихання вони приймають вид простий гумової прокладки [40].

Недоліки: після герметизації віконних швів таким герметиком, шви неможливо фарбувати або реставрувати. Тому виробники випускають різноманітну колірну гаму силіконових складів. Також довговічність таких швів після проведення герметизації бажає бути кращою і не завжди відповідає тому, що написано на тюбику. На українському ринку зустрічається велика кількість неякісного матеріалу, підробок. Крім того, до недоліків якісного силікону можна віднести погану адгезію силіконових герметиків до пластиків, а також неможливість нанесення на вологу поверхню [40].

Для навчального закладу пропонується використовувати нейтральний силіконовий герметик, оскільки цей герметик є найбільш оптимальним для закладу через його властивості.

						Аркуш
						78
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 4 ХАРАКТЕРИСТИКА, ДІЯ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ, НОРМУВАННЯ ТА ЗАХИСТ ВІД ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

### 4.1 Визначення та природа іонізуючого випромінювання

Наступний матеріал, що викладається по зазначеному питанню, отримано з літературного джерела з питань охорони праці [41-46].

Наступний матеріал, що викладається по вище зазначеному питанню, отримано з літературного джерела з питань охорони праці.

Іонізуюче випромінювання - це випромінювання, взаємодія якого з середовищем призводить до утворення електричних зарядів (іонів) різних знаків. Джерелом іонізуючого випромінювання є природні та штучні радіоактивні речовини та елементи (уран, радій, цезій, стронцій та ін.). Джерела іонізуючого випромінювання широко використовуються в атомній енергетиці, медицині (для діагностики та лікування) та в різних галузях промисловості (для дефектоскопії металів, контролю якості зварних з'єднань, визначення рівня агресивних середовищ у замкнутих об'ємах, боротьби з розрядами статичної електрики і т. ін.).

Особливістю іонізуючих випромінювань є те, що всі вони відзначаються високою енергією і викликають зміни в біологічній структурі клітин, які можуть призвести до їх загибелі. На іонізуючі випромінювання не реагують органи чуття людини, що робить їх особливо небезпечними.

Перші ж дослідження радіоактивних випромінювань дали змогу встановити їх небезпечні властивості. Про це свідчить те, що понад 300 дослідників, які проводили експерименти з цими матеріалами, померли внаслідок опромінення.

Усі джерела іонізуючого випромінювання поділяються на природні та штучні (антропогенні).

						Аркуш
						79
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Природними джерелами іонізуючих випромінювань є космічні промені, а також радіоактивні речовини, які знаходяться в земній корі.

Штучними джерелами іонізуючих випромінювань є ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські установки, штучні радіоактивні ізотопи, прилади засобів зв'язку високої напруги тощо. Як природні, так і штучні іонізуючі випромінювання можуть бути електромагнітними (фотонними або квантовими) і корпускулярними. Класифікація іонізуючих випромінювань, яка враховує їх природу, наведена на рис. 4.1.

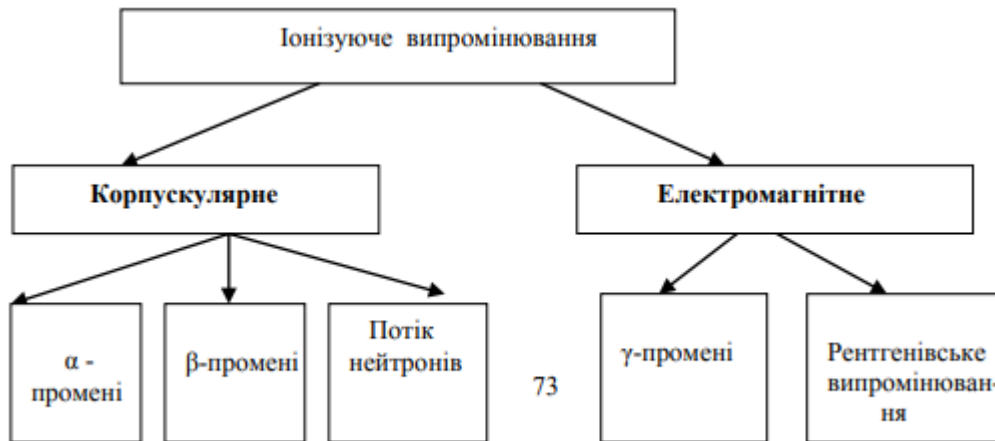


Рис. 4.1 - Класифікація іонізуючих випромінювань

Рентгенівське випромінювання виникає в результаті зміни стану енергії електронів, що знаходяться на внутрішніх оболонках атомів, і має довжину хвилі  $(1000 - 1) \cdot 10^{-2}$  м. Це випромінювання є сукупністю гальмівного та характеристичного випромінювання, енергія фотонів котрих не перевищує 1 МеВ.

Альфа-промені — це потік  $\alpha$ -частинок, які є ядрами атома гелію і мають позитивний заряд, мають найбільшу іонізуючу здатність і дуже малу проникаючу здатність. Енергія  $\alpha$ -частинок - 2-8 МеВ. Вони затримуються аркушем паперу, практично нездатні проникати крізь шкіряний покрив. Тому  $\alpha$ -частинки не несуть серйозної небезпеки доти,



доки вони не потраплять всередину організму через відкриту рану або через кишково-шлунковий тракт разом із їжею,  $\alpha$ -частинки проникають у повітря на 10-11 см від джерела, а в біологічних тканинах на 30-40 мкм.

Бета-промені - це потік електронів (негативний заряд) або позитронів (позитивний заряд), які мають меншу іонізуючу і більшу проникаючу здатність ніж альфа-промені. Швидкість  $\beta$ -частинок близька до швидкості світла. Вони мають меншу іонізуючу і більшу проникаючу здатність у порівнянні з  $\alpha$ -частинками.  $\beta$ -частинки проникають у тканини організму на глибину до 1-2 см, а в повітрі на декілька метрів. Вони повністю затримуються шаром ґрунту товщиною 3 см.

Гамма-промені - це потік  $\gamma$ -квантів, електромагнітне випромінювання з дискретним спектром (дуже короткою довжиною хвилі), що виникає при зміні енергетичного стану атомного ядра або під час анігіляції частинок. їм властиві велика проникаюча і мала Іонізуюча здатності.

Нейтрони - елементарні частинки, які мають дуже велику проникаючу здатність.

Джерелом  $\gamma$ -випромінювання є ядерні вибухи, розпад ядер радіоактивних речовин, вони утворюються також при проходженні швидких заряджених частинок крізь речовину. Завдяки значній енергії, що знаходиться в межах від 0,001 до 5 MeV у природних радіоактивних речовин та до 70 MeV при штучних ядерних реакціях, це випромінювання може іонізувати різні речовини, а також характеризується великою проникаючою здатністю,  $\gamma$ -випромінювання проникає крізь великі товщі речовини. Поширюється воно зі швидкістю світла і використовується в медицині для стерилізації приміщень, апаратури, продуктів харчування.

Потоки нейтронів та протонів виникають при ядерних реакціях, їх дія залежить від енергії цих частинок.

Енергію частинок іонізуючого випромінювання вимірюють у позасистемних одиницях.

						Аркуш
						81
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Одиниці виміру іонізуючих випромінювань:

Беккерель (Бк) - активність нукліда в радіоактивному джерелі (в одиницях системи СІ). Один беккерель дорівнює одному ядерному перетворенню

в секунду, Кюрі (Ки).  $1\text{Ки} = 3,71010\text{ Бк}$ .

Грей (Гр) - поглинена доза випромінювання (СІ).  $1\text{ Гр} = 100\text{ рад} = 1\text{ Дж кг}^{-1}$ .

Зіверт (Зв) - еквівалентна доза випромінювання (СІ).  $1\text{ Зв} = 100\text{ бер} = 1\text{ Дж кг}^{-1}$ .

Електрон-вольт (еВ) - позасистемна одиниця енергії іонізуючого випромінювання.  $1\text{ еВ} = 1,6 \times 10^{-19}\text{ Дж}$ .

Рентген - позасистемна одиниця експозиційної дози, при якій сполучена корпускулярна емісія в 0,001293 г повітря утворює в повітрі іони, що несуть розряд в одну електростатичну одиницю кількості електрики кожного знака. Число 0,001293 г - маса одного кубічного сантиметра атмосферного повітря при 0°C и 760 мм рт. ст..

#### 4.2 Основні характеристики радіоактивного випромінювання

Серед різноманітних видів іонізуючих випромінювань надзвичайно важливими при вивченні питання безпеки для здоров'я і життя людини є випромінювання, що виникають в результаті розпаду ядер радіоактивних елементів, тобто радіоактивне випромінювання.

Однією з основних характеристик джерела радіоактивного випромінювання є його активність, що виражається кількістю радіоактивних перетворень за одиницю часу.

						Аркуш
						82
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Активність  $A$  (4.1) радіонуклідного джерела - міра радіоактивності, яка дорівнює співвідношенню кількості б/л/ самовиникаючих ядерних перетворень у цьому джерелі за невеликий інтервал часу  $\Delta t$  до цього інтервалу часу:

$$A = \frac{dN}{dt}. \quad (4.1)$$

Одиниця активності - кюрі (Кі),  $1 \text{ Кі} = 3,7 \cdot 10^{10}$  ядерних перетворень за 1 секунду. В системі СІ одиниця активності - бекерель (Бк). 1 Бк дорівнює 1 ядерному перетворенню за 1 секунду або 0,027 нКі.

Небезпека, викликана дією радіоактивного випромінювання на організм людини, буде тим більшою, чим більше енергії передасть тканинам це випромінювання. Кількість такої енергії, переданої організму, або поглинутої ним, називається дозою.

Розрізняють експозиційну, поглинуту та еквівалентну дозу іонізуючого випромінювання.

Ступінь іонізації повітря оцінюється за експозиційною дозою рентгенівського або гамма-випромінювання.

Експозиційною дозою ( $X$ ) (4.2) називається повний заряд  $dQ$  іонів одного знака, що виникають у малому об'ємі повітря при повному гальмуванні всіх вторинних електронів, утворених фотонами до маси повітря  $dm$  в цьому об'ємі.

$$X = \frac{dQ}{dm}. \quad (4.2)$$

Одиницею вимірювання експозиційної дози є кулон на 1 кг (Кл/кг). Позасистемна одиниця - рентген (Р);  $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ .

Експозиційна доза характеризує потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

						Аркуш
						83
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Біологічна дія іонізуючих випромінювань на організм людини, в першу чергу, залежить від поглинутої енергії випромінювання.

Поглинута доза випромінювання ( $D$ ) (4.3) це фізична величина, яка дорівнює співвідношенню середньої енергії, переданої випромінюванням речовині в деякому елементарному об'ємі, до маси речовини в ньому.

$$D = \frac{dE}{dm}, \quad (4.3)$$

де  $E$  - енергія (Дж);  $m$  - маса речовини (кг).

Одиниця вимірювання поглинутої дози - грей (Гр.);  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ .

Застосовується також позасистемна одиниця - рад.  $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$ .

Однак поглинута доза не враховує того, що вплив однієї і тієї самої дози різних видів випромінювань на окремі органи і тканини, як і на організм в цілому, неоднаковий. Наприклад,  $\alpha$ -випромінювання спричиняє ефект іонізації майже у 20 разів більший, ніж  $\beta$ -випромінювання. Для порівняння біологічної дії різних видів випромінювань при вирішенні задач, пов'язаних із радіаційним захистом, НРБУ-97 введено поняття еквівалентної дози в органі або тканині ( $H_T$ ) (4.4), величина якої визначається як добуток поглинутої дози в окремому органі або тканині ( $D_T$ ) на радіаційний зважуючий фактор  $W_R$  величина якого залежить від відносної біологічної ефективності іонізуючого випромінювання, тобто:

$$H_T = D_T \cdot W_R. \quad (4.4)$$

Одиниця еквівалентної дози в системі СІ - зіверт (Зв). Позасистемна одиниця еквівалентної дози - бер - біологічний еквівалент рада.  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$ .

						Аркуш
						84
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для оцінки можливих наслідків опромінення організму людини з урахуванням радіаційної чутливості окремих органів і тканин тіла людини НРБУ-97 введено поняття ефективної дози (E) (4.5), яка визначається як сума добутоків еквівалентних доз у тканинах і органах ( $H_T$ ) на відповідні тканинні зважуючі фактори  $W_T$ , тобто:

$$E = \sum H_T \cdot W_T \text{ (Зв, бер)} \quad (4.5)$$

Для органів тіла людини  $W_T$  знаходиться в межах від 0,20 (гонади) до 0,01 (шкіра).

#### 4.3 Дія іонізуючого випромінювання на організм людини

У результаті дії іонізуючого випромінювання на організм людини в тканинах можуть виникати складні фізичні, хімічні та біологічні процеси. При цьому порушується нормальне протікання біохімічних реакцій та обмін речовин в організмі.

В залежності від поглинутої дози випромінювання та індивідуальних особливостей організму викликані зміни можуть носити зворотний або незворотний характер. При незначних дозах опромінення уражені тканини відновлюються. Тривалий вплив доз, які перевищують гранично допустимі межі, може викликати незворотні зміни в окремих органах або у всьому організмі й виразитися в хронічній формі променевої хвороби. Віддаленими наслідками променевого ураження можуть бути променеві катаракти, злоякісні пухлини.

При вивченні дії на організм людини іонізуючого випромінювання були виявлені такі особливості:

						Аркуш
						85
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- висока руйнівна ефективність поглинутої енергії іонізуючого випромінювання, навіть дуже мала його кількість може спричинити глибокі біологічні зміни в організмі;
- присутність прихованого періоду негативних змін в організмі, він може бути досить довгим при опроміненнях у малих дозах;
- малі дози можуть підсумовуватися чи накопичуватися;
- випромінювання може впливати не тільки на даний живий організм, а й на його нащадків (генетичний ефект);
- різні органи живого організму мають певну чутливість до опромінення. Найбільш чутливими є: кришталик ока, червоний кістковий мозок, щитовидна залоза, внутрішні (особливо кровотворні) органи, молочні залози, статеві органи;
- різні організми мають істотні відмінні особливості реакції на дози опромінення;
- ефект опромінення залежить від частоти впливу іонізуючого випромінювання. Одноразове опромінення у великій дозі спричиняє більш важкі наслідки, ніж розподілене у часі.

При одноразовому опроміненні всього тіла людини можливі такі біологічні порушення в залежності від сумарної поглинутої дози випромінювання:

До 0,25 Гр (25 рад) - видимих порушень немає;

0,25 ... 0,5 Гр (25 ... 50 рад) - можливі зміни в складі крові;

0,5... 1,0 Гр (50... 100 рад) - зміни в складі крові, нормальний стан працездатності порушується;

1,0... 2,0 Гр (100... 200 рад) - порушується нормальний стан, можлива втрата працездатності;

2,0... 4,0 Гр (200... 400 рад) - втрата працездатності, можливі смертельні наслідки;

						Аркуш
						86
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4,0... 5,0 Гр (400 ... 500 рад) - смертельні наслідки складають 50% від загальної кількості потерпілих;

6 Гр і більше (понад 600 рад) - смертельні випадки досягають 100% загальної кількості потерпілих;

10... 50 Гр (1000... 5000 рад) - опромінена людина помирає через 1-2 тижні від крововиливу в шлунково-кишковий тракт.

Доза 60 Гр (6000 рад) призводить до того, що смерть, як правило, настає протягом декількох годин або діб. Якщо доза опромінення перевищує 60 Гр, людина може загинути під час опромінення ("смерть під променем").

Репродуктивні органи та очі мають особливо високу чутливість до опромінення. Одноразове опромінення сім'яників при дозі лише 0,1 Гр (10 рад) призводить до тимчасової стерильності чоловіків, доза понад 2 Гр (200 рад) може призвести до сталої стерильності (чи на довгі роки). Яєчники менш чутливі, але дози понад 3 Гр (300 рад) можуть призвести до безпліддя. Для цих органів сумарна доза, отримана за кілька разів, більш небезпечна, ніж одноразова, на відміну від інших органів людини.

Очі людини уражаються при дозах 2...5 Гр (200...500 рад). Встановлено, що професійне опромінення із сумарною дозою 0.5...2 Гр (50...200 рад), отримане протягом 10-20 років, призводить до помутніння кришталика.

Небезпека радіоактивних елементів для людини визначається здатністю організму поглинати та накопичувати ці елементи. Тому при потраплянні радіоактивних речовин усередину організму уражаються ті органи та тканини, у яких відкладаються ті чи інші ізотопи: йод - у щитовидній залозі; стронцій - у кістках; уран і плутоній - у нирках, товстому кишечнику, печінці; цезій - у м'язовій тканині; натрій поширюється по всьому організму. Ступінь небезпеки залежить від швидкості виведення радіоактивних речовин з організму людини. Більша частина людських органів є мало чутливою до дії радіації. Так, нирки витримують сумарну дозу приблизно 23 Гр (2300 рад), отриману протягом п'яти

						Аркуш
						87
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

тижнів, сечовий міхур -55 Гр (5500 рад) за один місяць, печінка - 40 Гр (4000 рад) за місяць.

Ймовірність захворіти на рак знаходиться в прямій залежності від дози опромінення. Перше місце серед онкологічних захворювань займають лейкози. їх дія, що веде до загибелі людей, виявляється приблизно через 10 років після опромінення.

#### 4.4 Норми радіаційної безпеки

Визначено три групи органів тіла людини, опромінення яких викликає різні наслідки :

- 1) все тіло, червоний кістковий мозок, гонади;
- 2) м'язи, щитовидна залоза, жирова тканина, внутрішні органи;
- 3) кісткова тканина, шкіряний покрив, кисті, передпліччя, щиколотки і стопи.

Основними документами, якими регламентується радіаційна безпека в Україні, є: Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) та Основні санітарні правила України (ОСПУ).

У НРБУ-97 виділяють три категорії осіб щодо ризику іонізуючого опромінення:

- категорія А - персонал, який безпосередньо працює з радіоактивними речовинами;
- категорія Б - персонал, що безпосередньо не працює із радіоактивними речовинами, але за умови розміщення їх на робочих місцях або місцях проживання може потрапити під дію опромінення;
- категорія В - все населення країни.

						Аркуш
						88
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Для осіб категорій А і Б НРБУ-97 встановлюють ліміти ефективної й еквівалентної доз за календарний рік. Обмеження опромінення категорії В (населення) здійснюється введенням лімітів річної ефективної та еквівалентної доз для критичних груп осіб категорії Б. Остання означає, що значення річної дози опромінення осіб, що входять до критичної групи, не повинно перевищувати ліміту дози, встановленого для категорії В (див. табл. 4.1).

Таблиця 4.1. Ліміти доз сумарного внутрішнього і зовнішнього опромінення

Ліміт дози	Категорія опромінюваних осіб		
	А	Б	В
Річна ефективна доза	20	2	1
Річна еквівалентна доза отримана:			
кришталіком ока	150	15	15
шкірою	500	50	50
кістками та стопами	500	50	–

Чисельні значення наведених в табл. 4.2 основних дозових лімітів НРБУ-97 встановлюють на рівнях, що виключають можливість виникнення детерміністичних ефектів опромінення і одночасно гарантують настільки низьку ймовірність виникнення стохастичних ефектів опромінення, що вона є прийнятною як для окремих осіб, так і для суспільства в цілому.

Крім лімітів ефективної й еквівалентної річних доз, НРБУ-97 встановлюють допустимі рівні надходження радіонуклідів в організм людини за календарний рік, потужності еквівалентної дози, концентрації радіонуклідів у повітрі, питній воді та раціоні, щільності потоку частинок, забруднення шкіри, спецодягу, робочих поверхонь тощо. Значення окремого допустимого рівня розраховується за умови, що створена ним річна доза не повинна перевищувати

ліміту відповідної дози. При багатократному радіаційному опроміненні допустимі рівні визначаються за умови, щоб річна сумарна доза від усіх джерел випромінювання не перевищувала відповідного ліміту дози.

Згідно з правилами стосовно захисту персоналу у виробничих умовах від природних джерел радіації, доза опромінення не повинна перевищувати 5 мЗв/рік. Під час проведення профілактичних медичних рентгенологічних досліджень річна доза опромінення населення не може бути вищою за 1 мЗв. Є низка інших вимог, що обмежують рівень природно-техногенного опромінення населення як за нормальних умов, так і в умовах радіаційної аварії.

Отже, для персоналу ефективна доза за період трудової діяльності (50 років) становить 1 Зв, а ефективна доза впродовж життя для решти населення становить 70 мЗв. Цей рівень на сьогодні відповідає концепції безпечного проживання людини.

#### 4.5 Захист від радіаційного випромінювання

Контакт з іонізуючим випромінюванням являє собою серйозну небезпеку для життя та здоров'я людини.

Однак при виконанні певних технічних та організаційних заходів цей вплив можна звести до безпечного.

Питання захисту людини від впливу радіаційних випромінювань постали одночасно з їх відкриттям. Це пояснюється, по-перше, тим, що радіаційне випромінювання швидко почало застосовуватися в науці та на практиці, і, по-друге, комплексом виявлених їхніх негативних впливів на організм людини.

						Аркуш
						90
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У нашій країні захист працюючих від впливу радіаційного випромінювання забезпечується системою загальнодержавних заходів. Вони складаються з комплексу організаційних і технічних заходів. Ці заходи залежать від конкретних умов роботи з джерелами іонізуючого випромінювання та від типу джерела випромінювання.

Для захисту від зовнішнього опромінювання, яке має місце при роботі із закритими джерелами випромінювання, основні зусилля необхідно направити на попередження переопромінення персоналу шляхом:

- збільшення відстані між джерелом випромінювання і людиною (захист відстанню);
- скорочення тривалості роботи в зоні випромінювання (захист часом);
- екранування джерела випромінювання (захист екранами).

Під закритими джерелами радіаційного випромінювання розуміють такі, які виключають можливість потрапляння радіоактивних речовин в навколишнє середовище. У виробничих і лабораторних умовах необхідно якомога швидше застосовувати дистанційне управління роботою обладнання, яке дає можливість виконувати операції з радіоактивними речовинами на відстані.

Захист від внутрішнього опромінення вимагає виключення безпосереднього контакту з радіоактивними речовинами у відкритому вигляді та попередження потрапляння їх у повітря робочого простору.

Під внутрішнім опроміненням розуміють вплив на організм людини випромінювань радіоактивних речовин, що потрапляють всередину організму. На дверях приміщень, у яких проводиться робота з відкритими джерелами радіоактивного випромінювання, повинен знаходитися знак радіаційної небезпеки - на жовтому фоні три червоних пелюстки.

Особливе значення при роботі з відкритими джерелами радіоактивного випромінювання має особиста гігієна та засоби індивідуального захисту працюючого. В залежності від виду виконуваних робіт і небезпечності цих

						Аркуш
						91
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

робіт застосовують спецодяг(комбінезони або костюми), спецбілизну, шкарпетки, спецвзуття, рукавиці, респіратори.

Радіоактивні речовини повинні знаходитися в спеціальних приміщеннях. По кожному з них необхідно вести суворий облік надходжень і витрат, щоб виключити можливість їх безконтрольного використання. Порядок транспортування радіоактивних речовин регламентується спеціальними правилами. Радіоактивні речовини перевозять у спеціальних контейнерах і спеціально обладнаним транспортом. До організацій і установ, у яких постійно виконуються роботи з радіоактивними речовинами, підвищені вимоги з охорони праці. Керівництво цих організацій зобов'язане розробити детальні інструкції, в яких викладено порядок проведення робіт, облік збереження та використання джерел випромінювання, збір та знешкодження відходів, порядок проведення дозиметричного контролю.

Оцінка радіаційного стану здійснюється за допомогою приладів, принцип дії яких базується на таких методах:

- іонізуючих (вимірювання рівня іонізації випромінювання);
- сцинтиляційних (вимірювання інтенсивності світлових спалахів, які виникають у речовинах, що люмінесціюють при проходженні крізь них іонізуючих випромінювань);
- фотографічних (вимірювання густини почорніння фотопластинки під дією іонізуючого випромінювання).

Результати усіх видів радіаційного контролю повинні реєструватися і зберігатися протягом 30-ти років. При індивідуальному контролі ведуть облік річної дози опромінення, а також сумарної дози за весь період професійної діяльності людини.

						Аркуш
						92
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВИСНОВОК

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра було проведено енергетичне обстеження системи тепло-, водо-, електропостачання комунальної установи Сумської загальноосвітньої школи № 24, що розташоване за адресою м. Суми, вул. Сергія Табали (Сєвера), 20. Була зібрана інформація по технічним даним будівлі, інформація по системи енергопостачання та водопостачання. Було проведено інструментальне обстеження, в тому числі і тепловізійне.

Аналіз фактичних даних по енергопостачанню та водопостачанню показав, що навчальний заклад не перевищує нормовані значення по споживанню.

В результаті розрахунку балансу теплових втрат було виявлено проблемні місця, а саме: тепловтрати через дах – 32,10% , через підлогу – 20,94% та втрати на інфільтрацію холодного повітря – 14,79%. Саме через це були запропоновані наступні енергозберігаючі заходи:

- Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах);
- Модернізація підвального перекриття;
- Герметизація віконних стиків.

Також для підвищення ефективності енергоспоживання будівлею були запропоновані наступні заходи:

- Встановлення сенсорних змішувачів;
- Встановлення датчиків присутності в коридорах та у вбиральнях;
- Встановлення сонячного колектора для нагрівання води для харчоблока.

Впровадження цих заходів дозволить навчальному закладу підвищити ефективність енергоспоживання та покращить умови навчання.

						Аркуш
						93
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лекція. Енергетичне обстеження та енергоаудит [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурса: <http://um.co.ua/14/14-8/14-8665.html>
2. Енергоаудит та обстеження тепловізором [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://vinnicya.vn.ua/company/budivnyctvo-arhitektturnoproektniposlugy/energoaudyt-ta-obstezhennya-teplovizorom-v-vinnyci>
3. Енергетичний аудит будинку [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://aea.org.ua/2014/06/energetichnij-audit-budinku-vstanovlennya-diagnozu-ta-plan-likuvannya/>
4. Енергоаудит будинків [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурса: <https://www.adamson.ua/services/energoaudit>
5. Енергоаудит будівель [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <http://energox.com.ua/energoaudyt/energoaudyt-budivel/>
6. Юзькова Є.П., Панкевич О.Д. Методи підвищення енергоефективності житлових багатоповерхових будівель з централізованою системою опалення// Вінницький національний технічний університет [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/viewFile/5906/5016>
7. Кузнєцова О.О., Жукінська І.С. Оцінювання економії енергетичних ресурсів на опалення при проведенні термомодернізації житлового будинку//Київський національний університет технологій та дизайну: УДК 620.91:697.2 [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: [https://knutd.edu.ua/publications/pdf/Visnyk/2015-5-90/81\\_90.pdf](https://knutd.edu.ua/publications/pdf/Visnyk/2015-5-90/81_90.pdf)
8. Бандзюх Н.Б. Практичний досвід енергозбереження у навчальному закладі// Матеріали науково-практичного семінару «Міжнародний

						Аркуш
						94
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

інвестиційний форум – виставка з енергоефективності та енергоощадності 2015».-2015.-28 с.

9. ДСТУ-Н.Б В .1.1-27:2010. Будівельна кліматологія.-123 с.

10. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. - Чинний від 2007-04-01, з 1 квітня 2017 р. вступає в дію ДБН В.2.6-31:2016. На заміну ДБН В.2.6-31:2006 (СНіП ІІ-3-79), – 2016.-30 с.

11. Державні санітарні правила і норми влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів та організації навчально-виховного процесу ДСанПіН 5.5.2.008-01 № 63. - Чинний від 14.08.2001, з 14 серпня 2001 року.

12. Норми витрат електричної і теплової енергії для установ і організації бюджетної сфери України. – Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження № 91 від 25.10.1999 р. – Київ, 1999.

13. Рішення міськвиконкому про «Норми водоспоживання» по м. Суми від «20. 04.1999р.» № 172.

14. ДБН В.2.6.-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.– Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну (СНіП ІІ-3-79). Введ. 09.09.2006 р.– К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України,2006. – 72 с.

15. Теплофизические характеристики, таблица [Електронний інтернет-ресурс]: «Коэффициенты теплопроводности различных материалов» - Режим доступу до ресурсу: <http://www.xiron.ru/content/view/58/28/>

16. Еремкин А. И., Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с.

17. Устройство плоских кровель различных видов [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://srbu.ru/krysha/156-ustrojstvo-ploskoj-krovli.html>

						Аркуш
						95
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

18. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на базальтову (минеральну) вату» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/mineralnaya-vata/filter/tolshchinamm-is-50-or-150/apply/>
19. Mizol [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на ПВХ Мембрану» - Режим доступу до ресурсу: <https://mizol.prom.ua>
20. Мегабуд Плюс [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на пароізоляцію» - Режим доступу до ресурсу: <https://megabudplus.com.ua>
21. Теплоизол [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на дюбель фасадний» - Режим доступу до ресурсу: <https://teploizol.in.ua>
22. Монтаж утеплювача даху [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціни покрівля та водостоки» - Режим доступу до ресурсу: <https://www.rabotniki.ua>
23. Основи енергетичного менеджменту: конспект лекцій / укладач С. В. Сапожніков. –Суми: Сумський державний університет,2015. –163с.
24. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І. М. Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с.
25. Инстал Украина [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціни на монтаж підлоги» - Режим доступу до ресурсу: <https://stroitelnye-uslugi.in-ua.com>
26. Интернет-магазин Konstruktiv [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціни на скловату» - Режим доступу до ресурсу: <https://konstruktiv.kiev.ua>
27. Нова-лінія [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на клей для теплоізоляції» - Режим доступу до ресурсу: <https://www.nl.ua>
28. Интернет-магазин [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціни на клей цементно-піщану штукатурку» - Режим доступу до ресурсу: <https://prom.ua>
29. Применение автоматических сенсорных смесителей МАУК ДК им. Маяковского [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://ido.tsu.ru/energy/files/kemerovo/LobanovaNY.pdf>
30. Экономия воды [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <http://kak-svoimi-rukami.com/2015/10/ekonomiya-vody/>

						Аркуш
						96
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



31. Інтернет-магазин [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціни на сенсорний змішувач» - Режим доступу до ресурсу: <https://bt.rozetka.com.ua>
32. Инфракрасные датчики движения и присутствия - реальный способ экономии электроэнергии [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=43](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=43)
33. Інтернет-магазин [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціни на датчики присутності» - Режим доступу до ресурсу: <https://prom.ua>
34. Вакуумні сонячні колектори [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://soncedim.prom.ua/g45235162-vakuumni-sonyachni-kolektori>
35. Конструкция вакуумного солнечного коллектора [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: [https://www.solarhome.ru/basics/solar/principle\\_vacuum.htm](https://www.solarhome.ru/basics/solar/principle_vacuum.htm)
36. Солнечные коллекторы [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: [http://alt-energy.com.ua/index.php?show\\_aux\\_page=15](http://alt-energy.com.ua/index.php?show_aux_page=15)
37. Всесезонная гелиосистема на основе вакуумного солнечного коллектора [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://eco-tech.com.ua/p288333268-vsesezonnaya-geliosistema-osnove.html>
38. Альтернативные источники энергии Греем воду с помощью солнечных коллекторов [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://eurohouse.ua/blog/alternativnye-istochniki-energii-greem-vodu-s-pomoshhyu-solnechnyh-kollektorov>
39. Герметизация оконных швов и утепление окон [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://stroyalp.ru/shov12.php>
40. Герметизация оконных швов снаружи [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: [https://www.promalpinizm.com.ua/service\\_capsulation2.html](https://www.promalpinizm.com.ua/service_capsulation2.html)
41. Іонізуюче випромінювання. Види, властивості та одиниці вимірювання іонізуючого випромінювання [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим

						Аркуш
						97
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/1628011838297/bzhd/ionizuyuche\\_viprominyuvannya](https://pidruchniki.com/1628011838297/bzhd/ionizuyuche_viprominyuvannya)

42. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. – 384 с.

43. Іонізуючі випромінювання [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/15660212/bzhd/ionizuyuchi\\_viprominyuvannya](https://pidruchniki.com/15660212/bzhd/ionizuyuchi_viprominyuvannya)

44. Гнатів Т.А. Вплив іонізуючого випромінення на організм людини [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/5740697/page:2/>

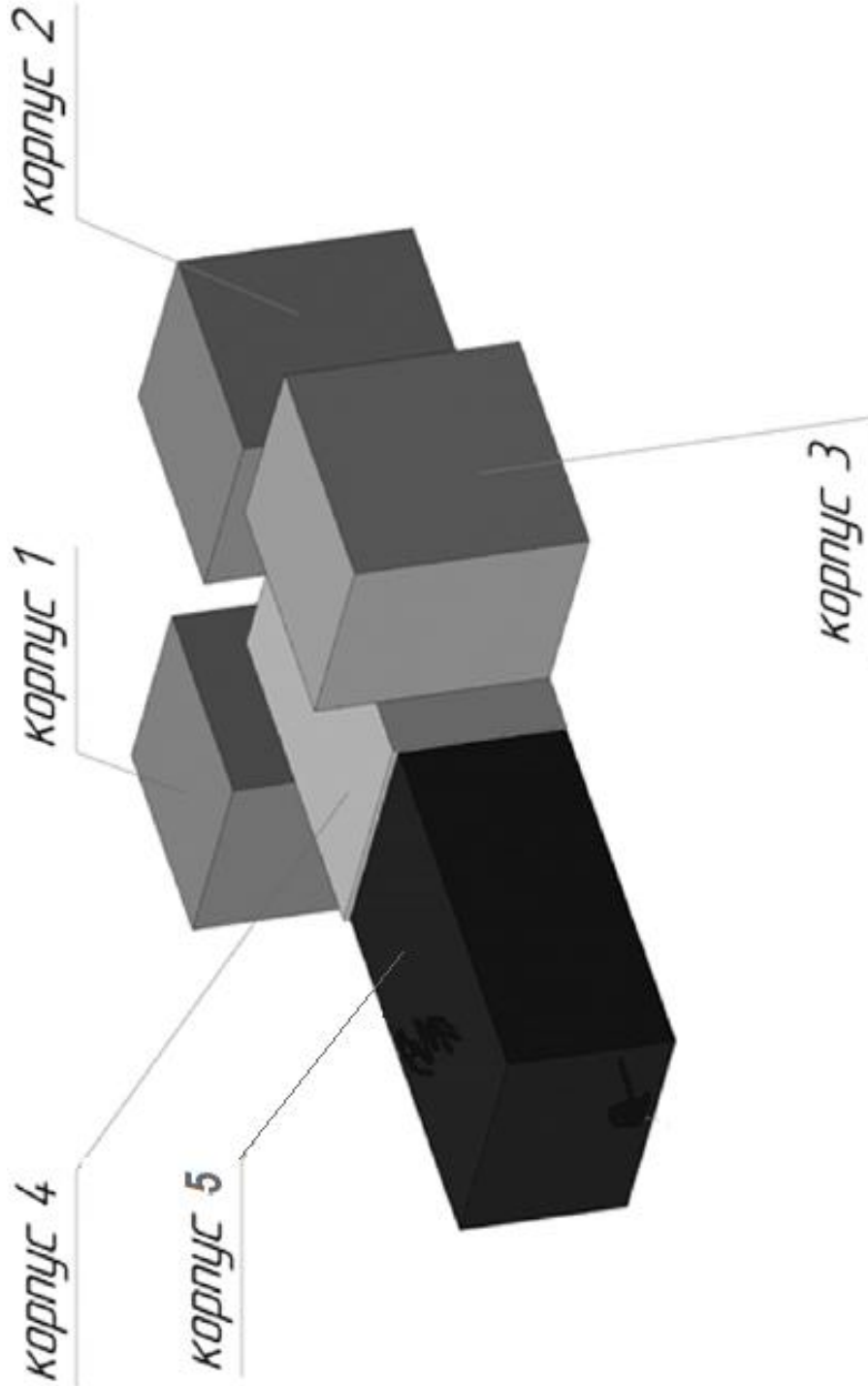
45. Желібо Є. П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: навч. посібник для студ. ВНЗ, 3-тє вид./ за ред. Є. П. Желібо.-К.: Каравела, 2004. — 328 с.

46. Іванов Є.А. Ліміти доз опромінення. Міжнародна шкала ядерних подій [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: [https://eduknigi.com/ekol\\_view.php?id=566](https://eduknigi.com/ekol_view.php?id=566)

						Аркуш
						98
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

# ДОДАТОК А

## Корпуси навчально закладу



						Аркуш
						99
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ДОДАТОК Б

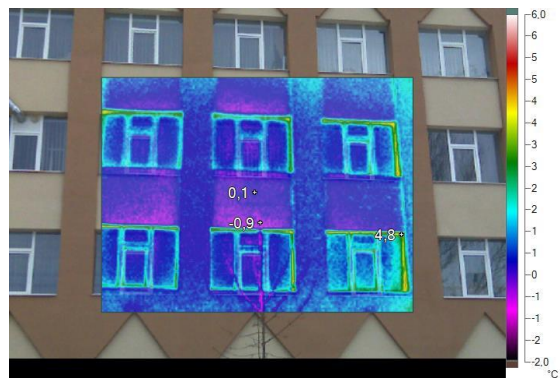
### Тепловізійне обстеження навчально закладу № 24

Зовнішні стіни навчального закладу



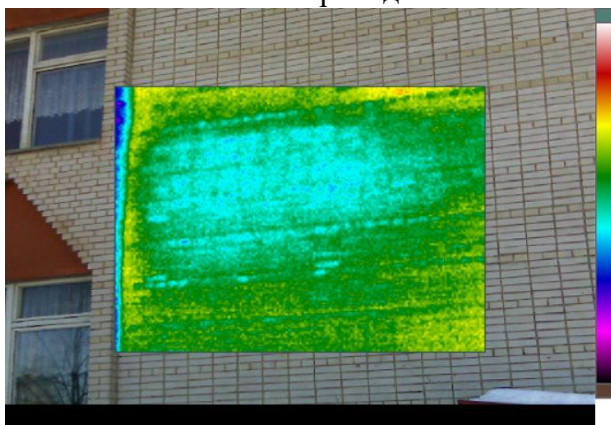
2015 рік

Значні втрати через місця стику віконної рами зі стіною. Найвні втрати теплоти крізь стіни у місцях розташування опалювальних приладів

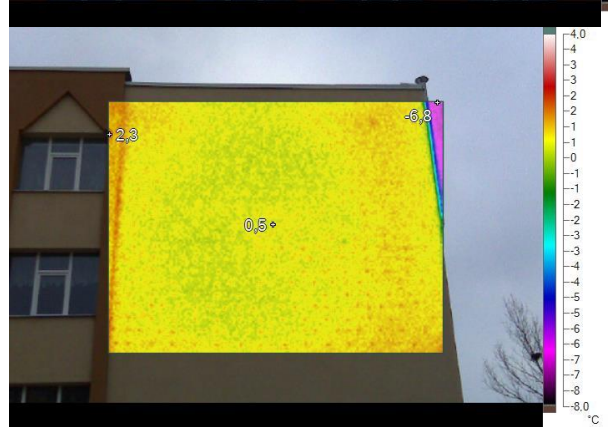
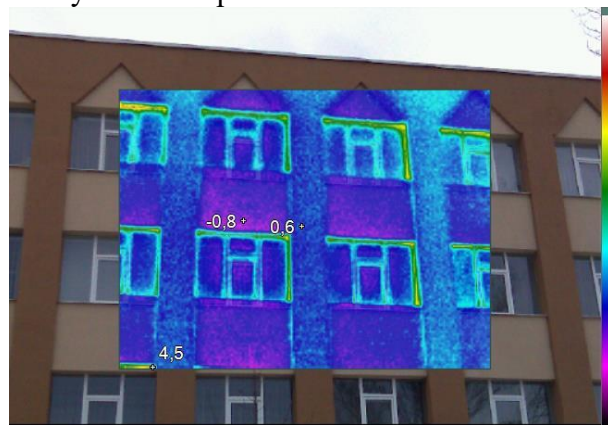


2019 рік

Після утеплення фасаду тепловтрати крізь стіни істотно зменшились. Втрати через опалювальні прилади не виявлено. Через не правильну заміну застарілої конструкції вікна залишились втрати тепла через місця стику віконної рами зі стіною.



Нерівномірність температурного поля на поверхні зовнішньої стіни свідчить про її незадовільний стан з опору теплопередачі



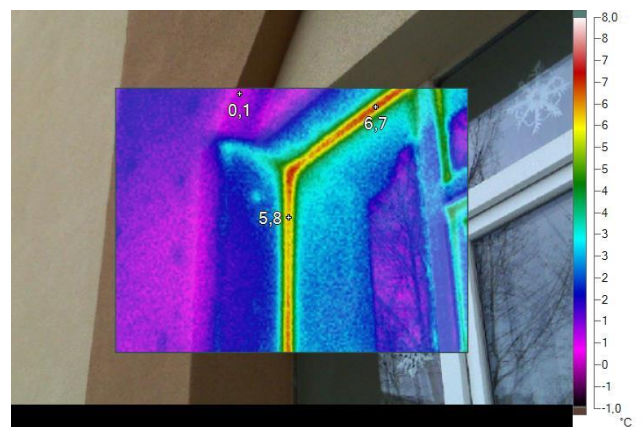
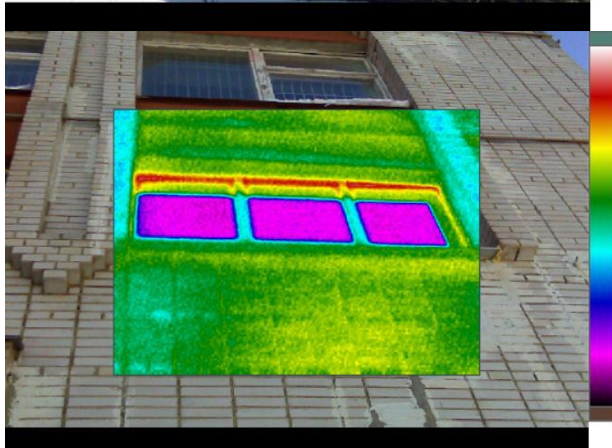
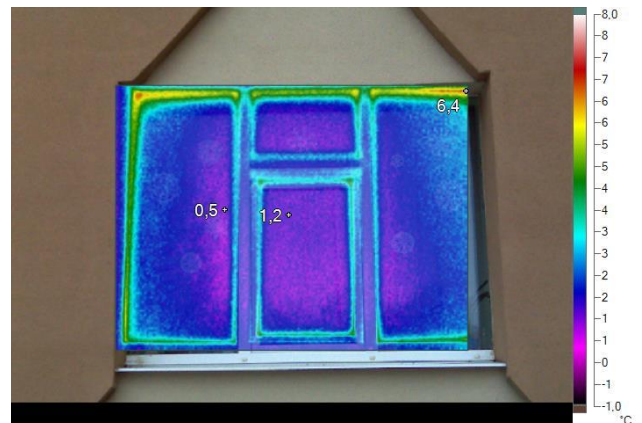
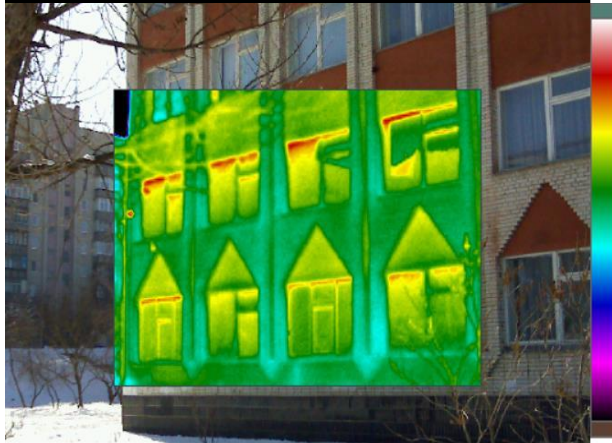
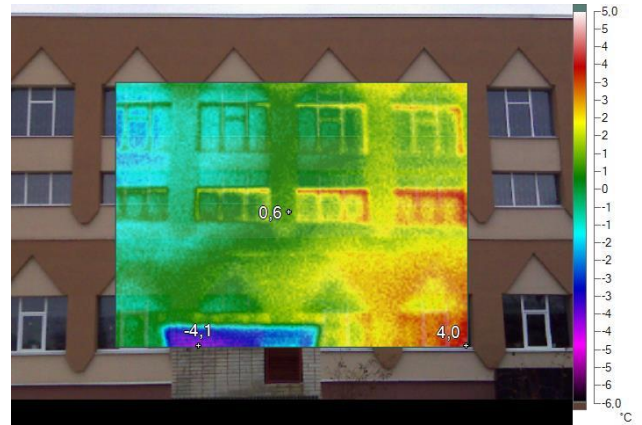
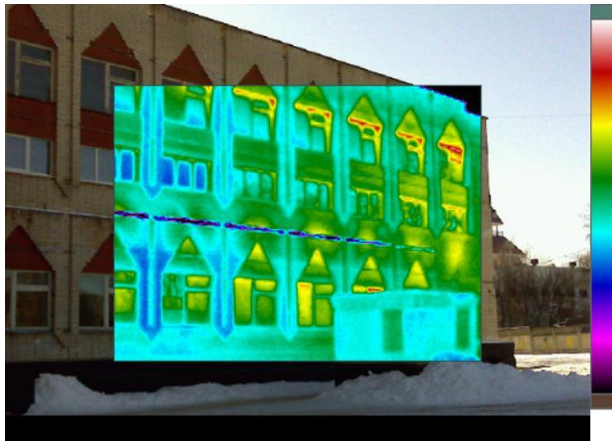
Зовнішня стіна після утеплення. Нагріта поверхня з зовнішньої сторони.

						Аркуш
						100
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



## Продовження додатку Б

### Вікна навчального закладу



Гарячі ділянки на термограмах показують, що є значні втрати через місця стику віконної рами зі стіною. Втрати теплової енергії в будівлі, пов'язані з інфільтрацією повітря через віконні отвори.

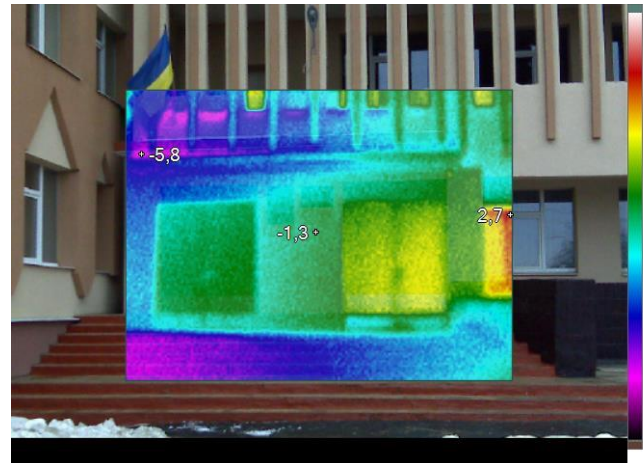
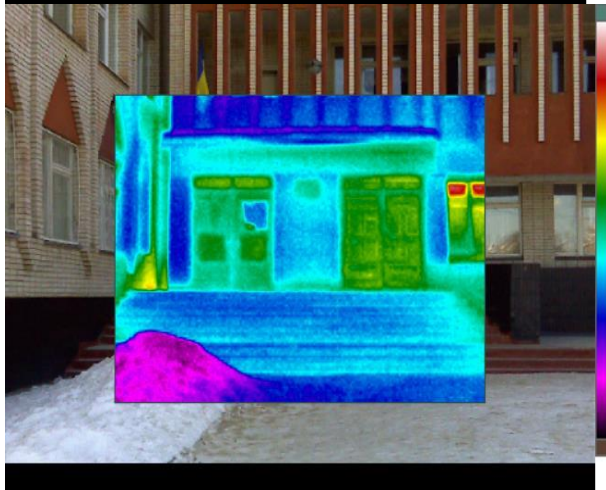
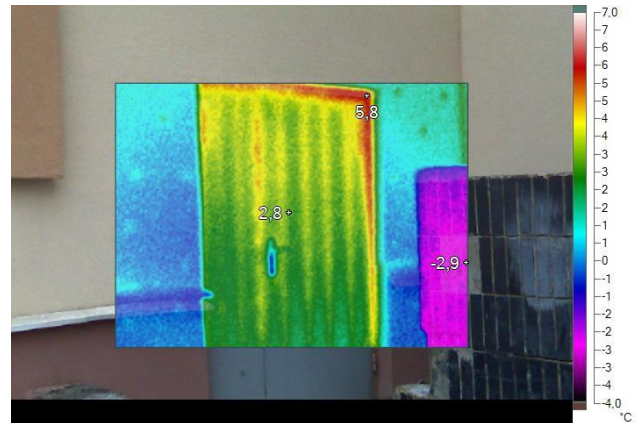
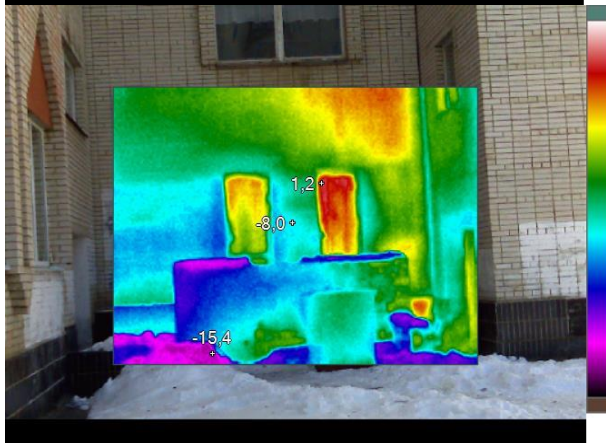
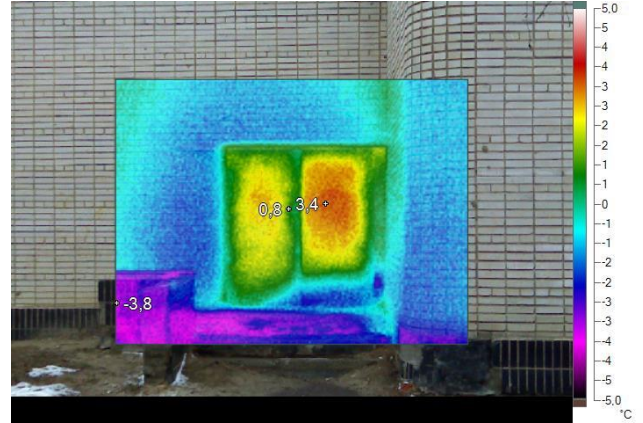
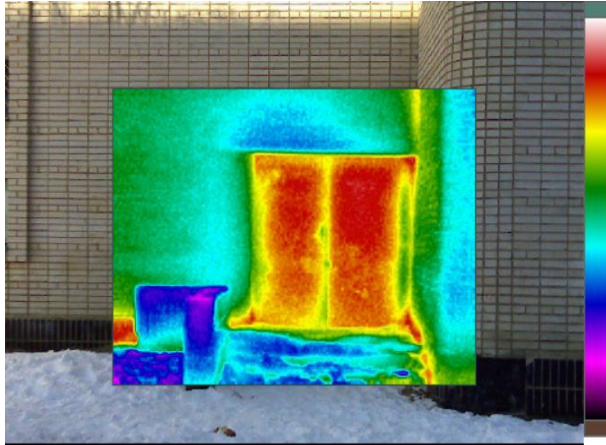
Після заміни вікон втрати тепла значно зменшилися, однак через неякісний монтаж наявні втрати пов'язані з інфільтрацією через віконні отвори. В харчоблоці стіни та вікна постійно нагріті та збільшені втрати через віконні отвори.

					Аркуш
					101
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	



## Продовження додатку Б

### Двері навчального закладу



Наявні тепловтрати крізь двері. Дверна конструкція сприяє надходженню холодного повітря.

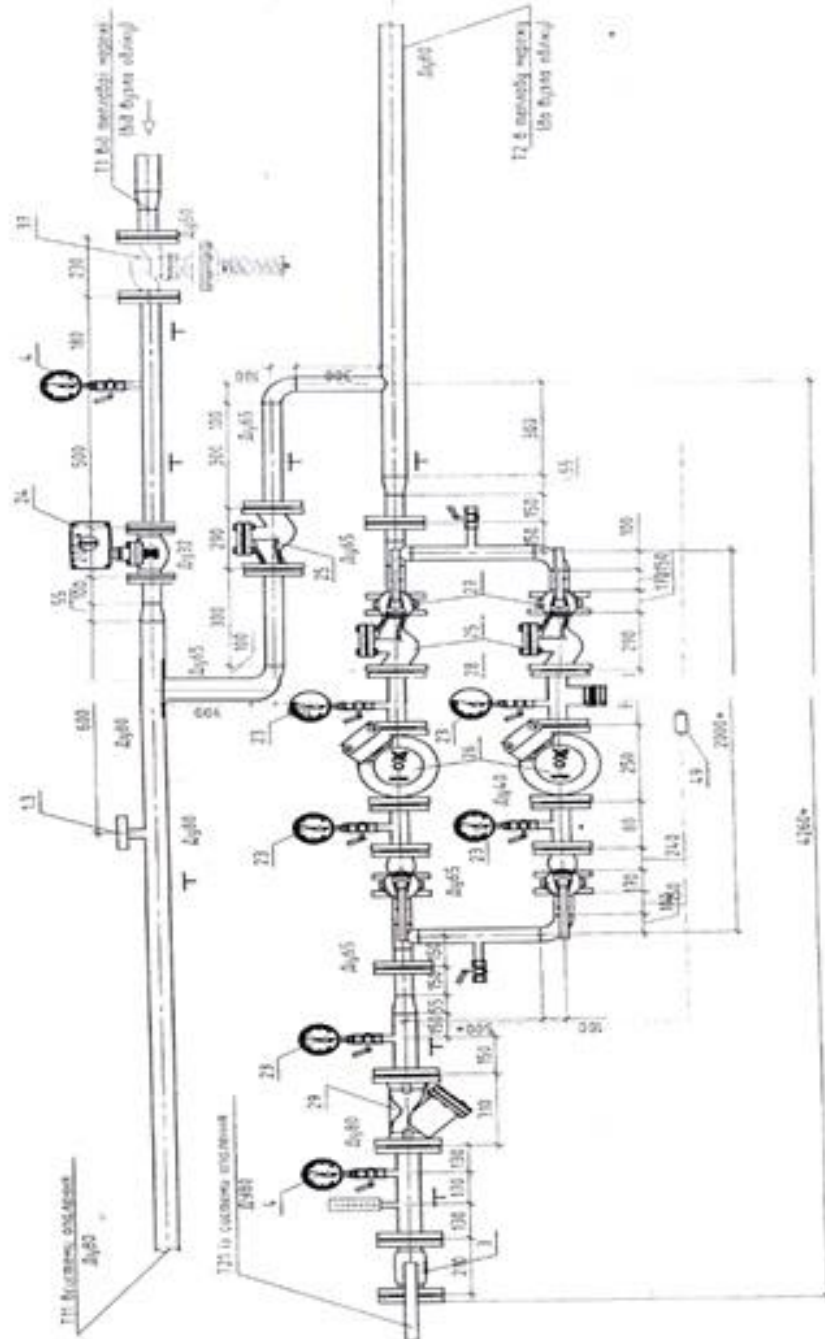
Ситуація з дверми майже не змінилася. Наявні тепловтрати крізь стики зі стіною та тепловтрати через самі двері. Тепловтрати через головні двері зменшилися.

						Аркуш
						102
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

# ДОДАТОК В

## Тепловий пункт будівлі КУ ЗОШ № 24

Відрізок системи опалення



Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата