

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Аналіз ефективності функціонування систем  
енергозабезпечення адміністративно-виробничих приміщень ТОВ  
«ФОРЕКС +»»

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

Виконавець роботи

Фролов Д.О.  
(прізвище і ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Випускна робота  
захищена на засіданні  
ЕК з оцінкою

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Сотник М.І.  
(прізвище і ініціали)

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

“ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

*Секретар комісії*

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми 2020

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 76 с., 13 таблиць, 8 рисунків, 32 літературних джерела.

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

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 офісу;
- Розроблення енергозберігаючих заходів.

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

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання офісного приміщення, що знаходиться на першому поверсі багатоквартирного будинку і надання рекомендацій щодо підвищення ефективності енергоспоживання.

Методи дослідження: інструментальне вимірювання температури по приміщенням, 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 – «Аналіз ефективності функціонування систем енергозабезпечення адміністративно-виробничих приміщень ТОВ «ФОРЕКС +»»

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	2
ЗМІСТ .....	3
ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ’ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	
7	
1.1 Загальні відомості про об’єкт енергетичного обстеження .....	7
1.2 Призначення об’єкта енергетичного обстеження .....	8
1.3 Аналіз споживання енергоносіїв та води .....	8
1.4 Існуючі тарифи на енергоносії і воду (станом на 01.05.2020).....	13
1.5 Опис дійсного стану будівлі .....	14
1.6 Обстеження енергетичних систем і систем водопостачання .....	14
1.6.1 Система опалення .....	14
1.6.2 Система холодного водопостачання.....	15
1.6.3 Системи вентиляції.....	15
1.6.4 Система електропостачання.....	15
1.6.5 Система обліку ресурсів.....	16
1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоресурсів.....	17
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання тепла.....	17
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії.....	18
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	19
2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ .....	21
2.1 Методика проведення розрахунку .....	21
2.2 Проведення розрахунку.....	25

					6.144. 12 ВР 00 ПЗ					
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Аналіз ефективності функціонування систем енергозабезпечення адміністративно-виробничих приміщень ТОВ «ФОРЕКС			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Фролов Д.О.						4	77	
Перевір.		Сотник М.І.						СумДУ, ЕМ-61		
Н. контр.		Сотник М.І.								
Затв.										

2.2.1	Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій ....	25
2.2.1.1	Розрахунок термічного опору стіни.....	25
2.2.1.2	Розрахунок термічного опору вікна.....	27
2.2.1.3	Розрахунок термічного опору дверей.....	27
2.2.1.4	Розрахунок термічного опору підлоги.....	28
2.2.1.5	Розрахунок термічного опору міжпорвехового перекриття.....	29
2.2.2	Розрахунок тепловтрат .....	31
3	РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	36
3.1	Перелік можливих енергозберігаючих заходів .....	36
3.2	Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів .....	36
3.2.1	Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (Стін) .....	36
3.2.2	Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції .....	47
3.2.3	Герметизація віконних стиків .....	56
4	ХАРАКТЕРИСТИКА, ДІЯ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ, НОРМУВАННЯ ТА ЗАХИСТ ВІД ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	59
4.1	Визначення та природа іонізуючого випромінювання .....	59
4.2	Основні характеристики радіоактивного випромінювання .....	62
4.3	Дія іонізуючого випромінювання на організм людини .....	65
4.4	Норми радіаційної безпеки .....	68
4.5	Захист від радіаційного випромінювання .....	70
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	73

## ВСТУП

Енергетичне обстеження офісного приміщення 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 ефективною 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 енергоспоживання. Також при проведенні робіт із термомодернізації не

						Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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
						6
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 ТОВ «ФОРЕКС +»

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.

Адреса будівлі: м. Суми, Реміснича вулиця, 10/1.

Головний офіс розміщено на першому поверсі. Головний фасад будівлі в якому знаходиться офіс зорієнтовано на південно-західну сторону.

Технічні характеристики офісу:

- опалювальна площа 45 м<sup>2</sup>;
- площа забудови 61,68 м<sup>2</sup>;
- опалювальний об'єм будівлі 135 м<sup>3</sup>;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 185,04 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».

Технічну експлуатацію будівлі здійснює власний персонал.

						Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 1.2 Призначення об'єкта енергетичного обстеження

Будівля розташована в Ковпаківському районі.

Адреса: м. Суми, Реміснича вулиця, 10/1.

Керівництво:

- Директор – Куцелєпа А.Г.;
- Відповідальний за господарчу частину – Лисенко О.О..

Склад людей:

- кількість персоналу, що одночасно знаходиться в офісі – 7 осіб;
- загальна кількість штату – 56 осіб.

Робочий день в офісі: 8:00 – 17:00.

## 1.3 Аналіз споживання енергоносіїв та води

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

						Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Таблиця 1.1 – Споживання енергоносіїв і води за 2018-2020 р.

Найменування	Одиниці вимірювання	Обсяги споживання за роками		
		2018	2019	2020
Теплова енергія із централізованих систем тепlopостачання на потреби опалення	ГДж	86,8575	100,9775	45,3387
Теплова енергія із централізованих систем тепlopостачання на потреби опалення	кВт·год	24146,3957	28071,74	12604,1477
Холодна вода	м <sup>3</sup>	1,9	2	2,3
Електроенергія на внутрішнє освітлення	кВт·год	30005	32428	20418,1
Електроенергія на інші потреби	кВт·год	4300	4263	22190,175
Загальні витрати електроенергії	кВт·год	63236	53206	42608,275
Загальні витрати теплової і електричної енергії	кВт·год	87382,3957	81277,74	55212,4227

На рис. 1.1 зображено графіки споживання холодної води у 2018, 2019, 2020 роках. Помісячне споживання на холодну воду наведено в таблиці 1.2.

						Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

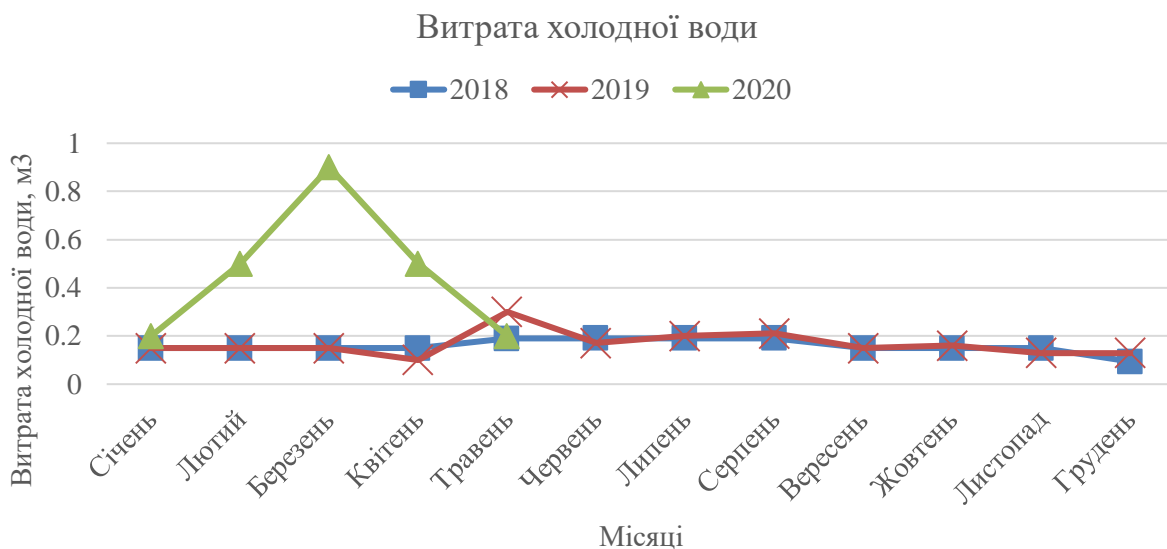


Рисунок 1.1 - Графік споживання холодної води за місяцями року

Таблиця 1.2 – Помісячне споживання холодної води

Холодна вода			
Місяць	м <sup>3</sup>		
	2018	2019	2020
Січень	0,15	0,15	0,2
Лютий	0,15	0,15	0,5
Березень	0,15	0,15	0,9
Квітень	0,15	0,1	0,5
Травень	0,189	0,3	0,2
Червень	0,19	0,17	-
Липень	0,19	0,2	-
Серпень	0,19	0,21	-
Вересень	0,15	0,15	-
Жовтень	0,15	0,16	-
Листопад	0,15	0,13	-
Грудень	0,094	0,13	-
Всього за рік	1,9	2	2,3

Витрати води в офісі залежить від графіку роботи, пори роки, процесу роботи та ремонтних робіт.

Аналіз графіків зміни витрат холодної води по місяцям року показує, що на початку 2020 року відбувся скачок, це пов'язано з тим, що на цей період відбувалися ремонтні роботи.

На рисунку 1.2 зображено графік споживання теплової енергії у 2018, 2019, 2020 роках. Помісячне споживання теплової енергії наведено в таблиці 1.3.

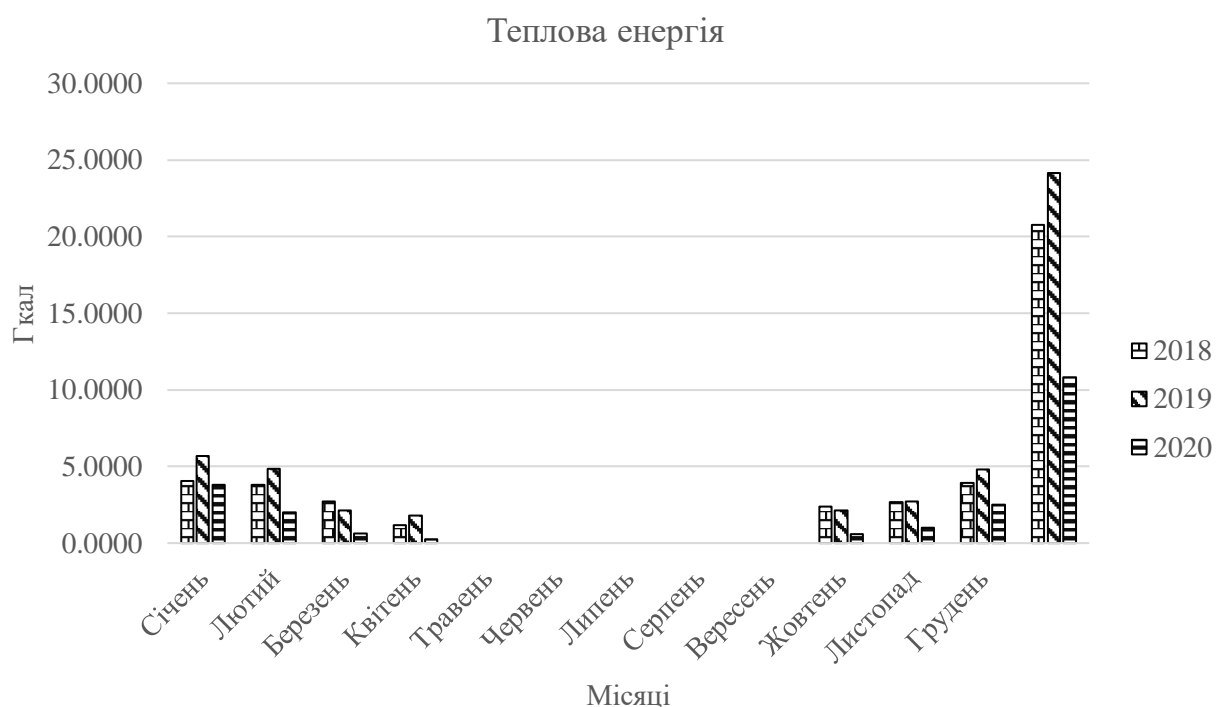


Рисунок 1.2 - Графік споживання теплової енергії за місяцями року

Таблиця 1.3 – Помісячне споживання теплової енергії

Теплова енергія			
Місяць	2018	2019	2020
	Гкал		
Січень	4,0599	5,6783	3,7974
Лютий	3,7896	4,8567	2,0154
Березень	2,7157	2,1483	0,6414
Квітень	1,1919	1,8026	0,2622
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0

Продовження таблиці 1.3

Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	2,3818	2,1202	0,5784
Листопад	2,6789	2,7206	1,0143
Грудень	3,9417	4,8075	2,5271
Всього за рік	20,7595	24,1342	10,8362

З рисунка 1.2 та таблиці споживання теплової енергії 1.3 показано, що споживання теплової енергії відбувається в опалювальний період. Тепло на підігрів води не надається. За нормативними даними [9], тривалість опалювального періоду становить 187 днів, але кількість опалювальних днів кожного року змінюється в залежності від зменшення середньодобової температури +8°C. Та відповідно закінчується при підвищенні середньодобової температури +8°C. за три останніх дні.

На рисунку 1.3 зображено графік споживання електричної енергії у 2018, 2019, 2020 роках. Помісячне споживання електричної енергії наведено в таблиці 1.4.

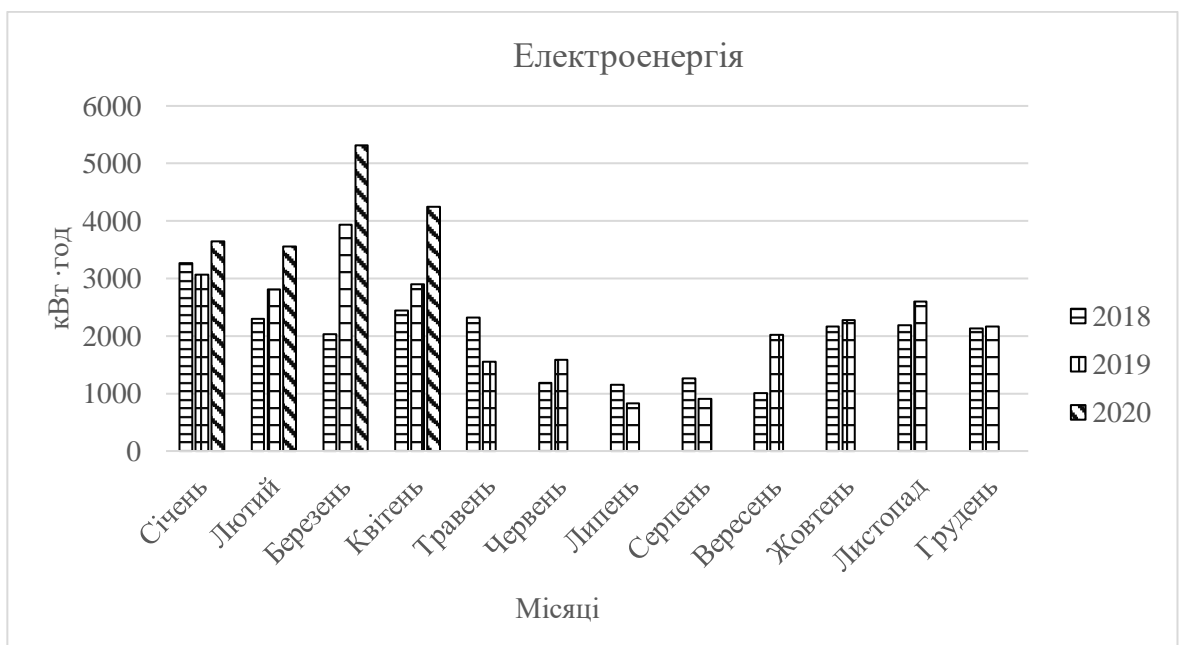


Рисунок 1.3 - Графік споживання електричної енергії за місяцями року

Таблиця 1.4 – Помісячне споживання електричної енергії

Електроенергія			
Місяць	2018	2019	2020
	кВт год		
Січень	3271	3067	3650
Лютий	2300	2807	3561
Березень	2027	3937	5315
Квітень	2439	2905	4245
Травень	2320	1555	-
Червень	1180	1582	-
Липень	1150	824	-
Серпень	1260	910	-
Вересень	1005	2018	-
Жовтень	2170	2280	-
Листопад	2190	2599	-
Грудень	2132	2167	-
Всього за рік	23444	26651	16771

1.4 Існуючі тарифи на енергоносії і воду (станом на 01.05.2020)

Тарифи на енергоносії і воду:

- Електрична енергія – 2,57 грн/кВт · год;
- Холодна вода – 126 грн/1 пляшку води 18,9 л ;
- Теплопостачання – 1558,6 грн/Гкал.

## 1.5 Опис дійсного стану будівлі

Офіс знаходиться на цокольному поверсі 9-ти поверхового будинку. Зовнішні стіни виконані з цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині 520 мм, оштукатурені ззовні та з середини цементним розчином товщиною 15 мм та 15 мм відповідно та в деяких частинах оббита декоративною плиткою.

Міжповерхове перекриття виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити 220 мм, цементно-піщаної стяжки 40 мм та покрита шаром ламінату 10 мм.

Підлога виконана у вигляді бетонної плити товщиною 220 мм, покритою цементно-піщаною стяжкою 40 мм та лінолеумом в 6 мм.

Світлопрозорі конструкції (вікна) мають металеву-пластиковий профіль. Вхідні двері металеві.

## 1.6 Обстеження енергетичних систем і систем водопостачання

### 1.6.1 Система опалення

Будинок має централізовану систему теплопостачання яке здійснюється на підставі договору з ТОВ «Сумитеплоенерго» у якому теплоносієм являється гаряча вода. Система одноконтурна з нижньою розводкою з примусовою циркуляцією теплоносія. Приєднання опалювальних приладів до теплопроводів здійснене «зверху вниз». Тепло подається з ЦТП-8Х по трубопроводу до теплову пункту який знаходиться в підвалі. Опалювальні прилади - чавунні радіатори типу Аккорд, радіатори конвективного типу.

						Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У тепловому вузлі вводу будівлі встановлене наступне обладнання: лічильник теплової енергії на подавальному трубопроводі, сітчастий фільтр, фільтр-грязьовик.

#### 1.6.2 Система холодного водопостачання

Водопостачання здійснюється централізовано. Холодну воду для споживання замовляють через доставку офісної води.

#### 1.6.3 Системи вентиляції

Будинок обладнано системою природної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через нещільності світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішні двері.

#### 1.6.4 Система електропостачання

Основні технічні енергоспоживаючі системи офісу:

- Система технологічного обладнання;
- Система освітлення.

У приміщення наявні світильники з люмінесцентними лампами, потужність однієї 10 Вт. (всього 10 шт. загальною потужністю 100 Вт). Річна тривалість роботи систем освітлення: енергозберігаючі – 2797 год/рік та розжарювані, що стоять в коридорах та деяких офісних кімнатах – 2797 год/рік. Кількість використаної електроенергії в рік 2293,54 кВт/рік. Зовнішнього освітлення не має. Для обліку електроенергії передбачено встановлення лічильника електроенергії NIK 2301 АП1.

До недоліків можна віднести неефективне використання енергоспоживаючих приладів та забрудненість освітлювальних приладів. В

						Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

таблиці 1.5 наведене основне енергоспоживаюче обладнання офісу.

Таблиця 1.5 – 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 кВтгод/рік
Комп'ютер	3285	4	0,55	0,5	3613,5
Кофемашина	985,5	2	1,5	1	2956,5
Принтер	1642,5	5	0,32	1	2628
Ноутбук	3285	5	0,032	1	525,6
Лампи розжарювання	2797	18	0,04	1	2013,84
Люмінесцентні лампи	2797	10	0,01	1	279,7
Принтер А3 формат	1642,5	1	0,55	1	903,375
Електричний чайник	1314	4	2,2	1	11563,2
Всього:					24483,715

Різниця між фактичним та розрахунковими даними становить 1,2 %. Це пов'язано з тим, що після 2018 року було докуплене нове енергоспоживаюче обладнання.

#### 1.6.5 Система обліку ресурсів

У вузлу обліку теплової енергії за технічними умовами передбачено встановлення лічильника тепла «COSMOS».

Облік споживання холодної здійснюється лічильником холодної води школа – ТА 4М Unimag.

Для обліку електроенергії встановлений лічильник електроенергії NIK 2301 АП1.

						Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



## 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 офісу, 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;

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

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

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

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

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

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

– 2018 рік –  $Q_{оп} = 24146,39579$  кВт · год;

						Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- 2019 рік –  $Q_{оп} = 28071,743 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ ;
- 2020 рік –  $Q_{оп} = 12604,1477 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ .

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

- 2018 рік –  $EP = 126,87 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ ;
- 2019 рік –  $EP = 147,49 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ ;
- 2020 рік –  $EP = 66,22 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ .

Нормативна максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення офісу за опалювальний період,  $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ , що встановлюється залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку, для житлового будинку від 1 до 3 поверху, де саме знаходиться офісне приміщення  $EP_{max} = 120 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$  [10].

Порівняння нормативної величини тепловтрат і дійсних тепловтрат показує, що офіс перевищує нормативну вимогу, тепло споживалося у великій кількості. В 2020 році було використано менше теплової енергії через досить теплий опалювальний сезон.

### 1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії

Нормативне значення споживання електричної енергії для офісу становить  $130 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{людину}$  [11-12].

Фактичне споживання для офісу на одну людину:

- 2018 рік –  $\frac{23444 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{7} = 3349,143 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}/\text{людину}$ ;
- 2019 рік –  $\frac{26651 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{7} = 3807,286 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}/\text{людину}$ ;
- 2020 рік –  $\frac{16771 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{7} = 2395,8571 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}/\text{людину}$ .

					Аркуш
					18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

### 1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

В офісі витрата води залежать від зміни кількості людей, що перебувають в офісі, ремонтних робіт, пори року. Порівнявши фактичні та нормативні витрати на одну людину можна проаналізувати чи відповідають витрати нормативним вимогам.

За нормативними величинами споживання води на одну людину відповідно до вимог від міськвиконкому «Норми водоспоживання» по м. Суми від «20.04.1999р.» № 172, норма витрат холодної води для житлових будинків без ванн становить 95 л/людину [13].

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

- 2018 рік – 11,3 л/людину;
- 2019 рік – 11,9 л/людину;
- 2020 рік – 13,7 л/людину.

Порівнявши нормативне значення з фактичним у результаті бачимо, що офісне приміщення не перевищує нормованого значення.

Витрати в грошовому еквіваленті на спожиті енергоресурси та воду за 2020 рік наведені на рисунку 1.4.

						Аркуш
						19
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## Грошові витрати на енергоресурси та воду



Рисунок 1.4 – Грошові витрати на енергоресурси та воду

З кругової діаграми на рисунку 1.4 наглядно показано, що більша частина грошових коштів йде на опалення.

## 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  $R_{\Sigma \text{пр}} \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  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  $3^{\circ}\text{C}$  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,  $\text{м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$ ;

$R_{q_{\text{min}}}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

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
					21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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

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

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

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

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

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

$R_i$  – термічний опір  $i$ -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
					22
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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

де  $F_{\text{орг}}$  – 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  $R_{\text{qmin}}$ ,  $\text{Вт}$ :

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

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
						23
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:

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

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

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

$V_{\text{п}}$  – внутрішній об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – густина повітря, яке видаляється з приміщення,  $\rho=1,3$  кг/м<sup>3</sup>

$\eta_{\text{к}}$  – кратність повітрообміну приміщення, год<sup>-1</sup>;

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

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті  $R_{\text{нз}}$ , (м<sup>2</sup>·°С)/Вт визначається за формулами:

						Аркуш
						24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



$$\begin{aligned}
 \text{I зона} - R_{nz}^I &= R_0^I + \sum R_n; \\
 \text{II зона} - R_{nz}^{II} &= R_0^{II} + \sum R_n; \\
 \text{III зона} - R_{nz}^{III} &= R_0^{III} + \sum R_n; \\
 \text{IV зона} - R_{nz}^{IV} &= R_0^{IV} + \sum R_n;
 \end{aligned}
 \tag{2.10}$$

де:  $R_0^I, R_0^{II}, R_0^{III}, R_0^{IV}$  - значення термічного опору теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , відповідно чисельно рівні 2,2; 4,3; 8,6; 14,2;

$\sum R_n$  - сума значень термічного опору теплопередачі шарів підлоги на ґрунті,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ .

## 2.2 Проведення розрахунку

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

### 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].

						Аркуш
						25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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  $\delta_2 = 0,03 \text{ м}$ ;

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

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

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

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

Приведений опір теплопередачі для стін за формулою (2.3):

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{стн}} = \frac{1}{8,7} + 0,76 + 0,037 + \frac{1}{23} = 0,96 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

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

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

						Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 2.2.1.2 Розрахунок термічного опору вікна

#### 2. Вікна:

Металопластикові однокамерні вікна ПВХ.

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

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

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

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

Приведений опір теплопередачі для вікна за формулою (2.3):

$$R_{\text{вкн}} = \frac{1}{8,7} + 0,01 + 0,48 + \frac{1}{23} = 0,64 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

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

### 2.2.1.3 Розрахунок термічного опору дверей

#### 3. Двері:

Двері металеві, з шаром утеплювача, за технічним паспортом опір теплопередачі для дверей становить  $R_{\text{дв}} = 0,65 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ .

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

						Аркуш
						27
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

#### 2.2.1.4 Розрахунок термічного опору підлоги

#### 4. Підлога:

Термічний опір підлоги розрахуємо за формулою (2.2).

– залізобетонна плита з  $\lambda_1 = 2,04$  Вт/(м · °С) товщиною  $\delta_1 = 0,22$  м;

– розчин цементно-піщаний з  $\lambda_2 = 0,81$  Вт/(м · °С) товщиною  $\delta_2 = 0,04$  м.

За формулою (2.10) знаходимо термічний опір кожного шару підлоги:

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

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

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог за формулою (2.10):

$$R_I = 2,2 + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,04}{0,81} = 2,36 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт},$$

$$R_{II} = 4,3 + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,04}{0,81} = 4,46 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт},$$

$$R_{III} = 8,6 + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,04}{0,81} = 8,76 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт},$$

$$R_{VI} = 14,2 + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,04}{0,81} = 14,36 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

					Аркуш
					28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

### 2.2.1.5 Розрахунок термічного опору міжповерхового перекриття

#### 5. Міжповерхове перекриття:

Термічний опір міжповерхового перекриття 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:

$$R_{\text{пер1}} = \frac{0,22}{2,04} = 0,1 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{пер2}} = \frac{0,04}{0,81} = 0,05 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

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

Приведений опір теплопередачі для підлоги за формулою (2.3):

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}}^{\text{пдл}} = \frac{1}{8,7} + 0,1 + 0,05 + \frac{1}{8,7} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

Для I температурної зони м. Суми мінімально допустиме значення суміщеного перекриття опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків дорівнює  $R_{q \text{ min}}^{\text{пдл}} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$  [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
						29
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 $\lambda_i, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma np}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$		
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,62	0,81	0,96	3,3		
		Цементно-піщана штукатурка	0,03	0,81				
2	Вікна	Однокамерні, металопластикові	–	–	0,64	0,75		
3	Двері	Металеві	-	-	0,65	0,6		
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,35	3,75		
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81				
		$\Sigma R_n$	$R_{n2}^I$	$R_{n2}^{II}$			$R_{n2}^{III}$	$R_{n2}^{IV}$
		29,93	2,36	4,46			8,76	14,36
5	Суміщене перекриття	Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,38	6,0		
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81				

Заміна дерев'яних дверей на металеві з прошарком теплоізоляційного матеріалу  $R_{\Sigma_{пр}}^{ДВ} = 0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} > R_{q \text{ min}}^{ДВ} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$  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 офісного приміщення беремо згідно нормативних даних для м. Суми I температурної зони  $t_{в} = +20 \text{ °С}$ ,  $t_{з} = -25 \text{ °С}$  [9].

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

З урахуванням всіх світлопрозорих конструкцій та дверей площа стін  $F_{СТН} = 81,45 \text{ м}^2$ .

$$Q_{СТН} = \frac{F_{СТН}}{R_{\Sigma_{ПР}}^{СТН}} \cdot (t_{в} - t_{з}) \cdot n,$$

$$R_{СТН} = 0,96 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}, n = 1.$$

					Аркуш
					31
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$Q_{\text{стн}} = \frac{81,45}{0,96} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 3817,97 \text{ Вт.}$$

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

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

$$F_{\text{вкн}} = 10,08 \text{ м}^2, R_{\text{вкн}} = 0,64 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

$$Q_{\text{вкн}} = \frac{10,08}{0,64} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 708,75 \text{ Вт.}$$

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

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

$$F_{\text{дв}} = 3,45 \text{ м}^2, R_{\text{дв}} = 0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

$$Q_{\text{дв}} = \frac{3,45}{0,65} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 238,85 \text{ Вт.}$$

Оскільки офіс знаходиться в багатоквартирному бідинку, то ми вважаємо що температура по всім приміщенням однакова, тоді тепловтрати через суміщене перекриття при їх дійсному стані будуть відсутні.

Тепловтрати крізь підлогу розміщену на ґрунті при їх дійсному стані:

Оскільки підлога знаходиться над ґрунтом, то беремо  $t_{\text{гр}} = +6 \text{ °С}$ .

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

$$F_{\text{пдл}} = 61,68, R_{\text{пдл}} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

						Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Розраховуємо площу по зонам:

$$I \text{ зона} - F_{\text{пт}}^I = 6,04 \cdot 8,54 - 2,04 \cdot 4,54 = 42,32 \text{ м}^2.$$

$$Q_{\text{пдл}} = \left( \frac{42,32}{2,36} \right) \cdot (20 - 6) = 251,05$$

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

$$Q_{\text{ст}}^{\text{д}} = 3817,97 \cdot 0,13 = 496,34 \text{ Вт.}$$

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

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 251,05 = 12,55 \text{ Вт.}$$

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

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

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 6 \cdot 10,08 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-25)) = 765,85 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію (2.9):

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot 185,04 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (20 - (-25)) \cdot 1,4 \cdot 0,85 = 3624,871 \text{ Вт.}$$

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

						Аркуш
						33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Структура теплових витрат будівельних конструкцій

Складова теплових витрат	Втрати теплоти, кВт	%
Стіни	3,82	44,96
Вікна	0,71	8,35
Двері	0,24	2,81
Підлога	0,25	2,96
Інфільтрація	0,77	9,02
Витяжна вентиляція	2,20	25,92
Інші додаткові витрати	0,51	5,99
Разом	8,49	100

Представимо теплові витрати у графічному вигляді рис. 2.1.



Рисунок 2.1- Розподіл теплових витрат

З розрахованих даних видно, що найбільші тепловтрати відбуваються через стіни 38% та через витяжну вентиляцію 37% відповідно. Також значна частка втрат 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.

						Аркуш
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

#### 3.1 Перелік можливих енергозберігаючих заходів

Запропоновано такі енергозберігаючі заходи:

- 1) Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (Стін);
- 2) Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції;
- 3) Герметизація віконних стиків.

#### 3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів

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

Поточний стан:

Аналіз балансу теплової енергії показує, що значна частина витрат тепла припадає на витрати через огорожувальні конструкції будівлі. Оскільки стіни складають переважну площу огорожувальних конструкцій, то саме через них проходить більша частина теплових втрат. Тому додаткове утеплення стін спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

Опис можливостей з енергозбереження.

Оскільки архітектурно планувальна конструкція будівлі енергетичного обстеження не несе історичної цінності, тому для утеплення стін обираємо

						Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

спосіб накладання теплоізоляційного матеріалу на зовнішню сторону будівлі. Даний спосіб має певний ряд переваг: є можливість утеплення стіни по всій її площі та прилягаючих до неї перекриттів; захищає основні стіни від різних зовнішніх факторів; теплоізоляція не займає корисну площу будівлі; ремонтні роботи не будуть порушувати графік роботи закладу. На рисунку 3.1 зображено схему за якою пропонується утеплювати стіни [15].



Рисунок 3.1 – Схема утеплення стіни

Для утеплення стін об'єкту пропонується використати базальтову вату компанії «ROCKWOOL» теплопровідність якої складає  $\lambda_{ут} = 0,036 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  [16].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{ут} = (R_{qmin} - R_{ст}) \cdot \lambda_{ут} \quad (3.1)$$

Товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{ут} = (3,3 - 0,96) \cdot 0,036 = 0,084 \text{ м.}$$

					Аркуш
					37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

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

$$Q_{\text{стн}}^{\text{із}} = \frac{81,45}{3,3} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 1110,68 \text{ Вт.}$$

Різницю між втратами через не утеплені стіни і утеплені знайдемо по формулі:

$$\Delta Q_{\text{ог.к}} = Q_{\text{ог.к}} - Q_{\text{ог.к}}^{\text{із}} \quad (3.3)$$

$$\Delta Q_{\text{стн}} = 3817,97 - 1110,68 = 2707,29 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь стін за опалювальний період за формулою:

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

де  $t_{\text{ср.оп}} = -1,4 \text{ }^\circ\text{C}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період,  $^\circ\text{C}$ [7];

$n_{\text{оп}}$  – 187 тривалість опалювального періоду [7].

$$Q_{\text{стн}}^{\text{рік}} = 2707,29 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 5778,15 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

$$5778,15 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} = 4,96 \text{ Гкал.}$$

Для визначення більш точного результату економії від впровадження

					Аркуш
					38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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.

Максимальна розрахункова теплова потужність даного об'єкту за збільшеними показниками, яка можлива, в кВт, за опалювальний період визначається за формулою (3.5):

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

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

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

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

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

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

$$a = 0,54 + \frac{20}{(20 - (-25))} = 0,98.$$

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

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

					Аркуш
					39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де  $P_6$  – периметр будівлі за зовнішніми розмірами огорожувальних конструкцій, м;

$F_6$  – площа будівлі в межах периметра, м<sup>2</sup>;

$H_6$  – висота будівлі з урахуванням усіх опалювальних приміщень, м;

$g_0$  – коефіцієнт скління будівлі;

$R_{\Sigma пр}^{стн}$  – приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma пр}^{стл}$  – приведений опір теплопередачі стелі будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma пр}^{пдлг}$  – термічний опір теплопередачі підлоги будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 2.1);

$R_{\Sigma пр}^{вкн}$  – опір теплопередачі вікон, м<sup>2</sup>·К/В т (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):

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{34,16}{61,68} \cdot \left( \frac{1}{0,96} + 0,12 \cdot \left( \frac{1}{0,64} - \frac{1}{0,96} \right) \right) + \frac{1}{3} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{0,38} + 0,6 \cdot \frac{1}{2,36} \right) \\ = 1,49 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С.}$$

Максимальна теплова потужність будівлі за формулою (3.5):

$$Q_6 = 0,98 \cdot 1,49 \cdot 185,04 \cdot (20 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 12,15 \text{ кВт.}$$

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

$$Q_{\text{р.оп}} = Q_6 \cdot \frac{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{ср.п}})}{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{з.р}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} \cdot 8,6 \cdot 10^{-4}, \quad (3.8)$$

						Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



де  $t_{в}$  – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$t_{ср.п}$  – 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].

$$Q_{р.оп} = 12,15 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 22,30 \text{ Гкал/рік.}$$

Згідно наданих облікових даних за 2019 рік, фактичні обсяги теплоспоживання на опалення становлять  $Q_{ф.оп} = 24,13$  Гкал/рік. Фактична величина є більшою від необхідної розрахункової на 8,21%

Встановлений факт невідповідності у споживанні теплової енергії дійсних показників з розрахунковими свідчить про те, що об'єкт енергетичного обстеження втрачає тепло.

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

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

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

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

						Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для стін:

$$\delta Q_{\text{стн}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{4,96 \cdot 100}{22,30} = 22,24\%.$$

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):

$$Q_{\text{зах.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{\delta Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} \cdot Q_{\text{д.оп}}}{100}, \quad (3.10)$$
$$Q_{\text{стн.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{22,24 \cdot 24,13}{100} = 5,37 \text{ Гкал/рік.}$$

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.

$$\Delta E = 5,37 \cdot \frac{1858,6}{1000} = 9,98 \text{ тис. грн/рік.}$$

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

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

						Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де К – вартість впровадження заходу, грн.

Тоді вартість впровадження заходу знаходимо за формулою:

$$C_{\text{впров}} = F_{\text{СТН}} \cdot (C_{\text{тов}} + C_{\text{робіт}}) \quad (3.13)$$

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

$C_{\text{робіт}}$  – вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

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].

Таблиця 3.1 – Матеріали та вартість утеплення стін

Назва матеріал	Кількість	Одиниця виміру на м <sup>2</sup>	Ціна за одиницю	Загальна ціна
Утеплювач «ROCKWOOL» ROCKTON 1000x600x100 мм	23	1шт на 3.66 м <sup>2</sup>	232,00	18896,4
Скловітка «Masternet» 5x5мм,	2	1рулон на 50 м <sup>2</sup>	100,00 грн за рулон	200,00
Клей для приклеювання і армування плит з мінеральної вати CeresitCT 190	4	5кг на 1 м <sup>2</sup>	199,00 грн за 25 кг	800,00
Грунтовка під штукатурку «BaumitUniPrimer» універсальний	10	0,3кг на 1 м <sup>2</sup>	184,00 за 25 кг	1840,00
Штукатурна суміш стартова цементно-вапняна «BaumitMP 25»	5	14 кг на 1 м <sup>2</sup>	72,00 за 25 кг	360,00
Дюбель Wkret-met 220	407	5шт на 1м <sup>2</sup>	4,95 грн за шт	2014,65
Всього грн				24111

Тоді загальна сума за утеплення стін складатиме:

$$C_{\text{впров}} = 24111 + 6516 = 30627 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності за формулою 3.12:

$$T = \frac{30627}{9980} = 3,1 \text{ роки.}$$

Після запровадження технології заходу загальна теплова потужність для будівлі становитиме:

$$\Delta Q = \Delta Q_0 - \Delta Q_{\text{рт}} \quad (3.14)$$

де  $\Delta Q_0$  – теплова потужність будівлі до встановлення системи, кВт.

Розрахунок за формулою (3.14):

$$\Delta Q = 12,15 - 6,251 = 5,899 \text{ кВт.}$$

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 проекту та визначимо чистий дисконтований дохід.

Визначаємо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою (3.15) [23-24]:

$$R_p = \sum_{t=1}^T \Pi_t / \sum_{t=1}^T (B_t + K_t), \quad (3.15)$$

					Аркуш
					44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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.

$$R_p = 9980/30627 = 0,33.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (3.16) [23-24]:

$$T_{д.ок} = K \cdot (1 + E)^t / \sum_{t=1}^T (D_t - B_t), \quad (3.16)$$

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:

$$T_{д.ок} = 30627 \cdot (1 + 0,25)/9980 = 3,83 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (3.17) [23-24]:

$$NVP = -C_0 + \sum \frac{\Delta E}{(1+E)^n}, \quad (3.17)$$

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

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

$E$  – ставка дисконтування, %;

$n$  – кількість років.

					Аркуш
					45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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 стіни

Рік	Витрата, тис.грн	Грошовий потік, $\Delta E$ , тис.грн	Чистий дисконтований потік, тис.грн
0	30627	-	-
1		9980	7984,00
2		9980	6387,20
3		9980	5109,76
4		9980	4087,81
5		9980	3270,25
6		9980	2616,20
7		9980	2092,96
8		9980	1674,37
9		9980	1339,49
10		9980	1071,59
11		9980	857,28
12		9980	685,82
13		9980	548,66
14		9980	438,93
15		9980	351,14
16		9980	280,91
17		9980	224,73
18		9980	179,78
19		9980	143,83

20		9980	115,06
----	--	------	--------

Продовження таблиці 3.2

21		9980	92,05
22		9980	73,64
23		9980	58,91
24		9980	47,13
25		9980	37,70
26		9980	30,16
27		9980	24,13
28		9980	19,30
29		9980	15,44
30		9980	12,35
Ставка дисконтування			25%
NPV			39870,58

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

### 3.2.2 Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції

#### Поточний стан

Рекуперація тепла системи вентиляції – процес повернення частини тепла з відпрацьованого витяжного повітря припливному. Тепле повітря, що виводиться з приміщення, у теплообміннику віддає більшу частину свого тепла холодному повітрю, що надходить з вулиці. Завдяки цьому процесу на вулицю виходить охоложене повітря, а у приміщення надходить свіже нагріте повітря

За діаграмою теплових втрат яка зображена на рисунку 2.2 одні з найбільших втрат теплоти відбуваються через систему вентиляції майже 37%. Тому необхідне встановлення системи рекуперації, це значно зменшить витрати на теплову енергію

Опис можливостей з енергозбереження.

Для встановлення системи рекуперації рекомендується спочатку утеплити огорожувальні конструкції. Переваги системи рекуперації: забезпечення свіжим повітрям не втрачаючи теплової енергії, особливо це актуально для приміщень де люди знаходяться більшу частину свого часу як в нашому випадку, запобігання прояв надмірної вологості та росту цвілі після утеплення.

Схема принципу роботу рекуператора наведена на рисунку (3.2) [25].

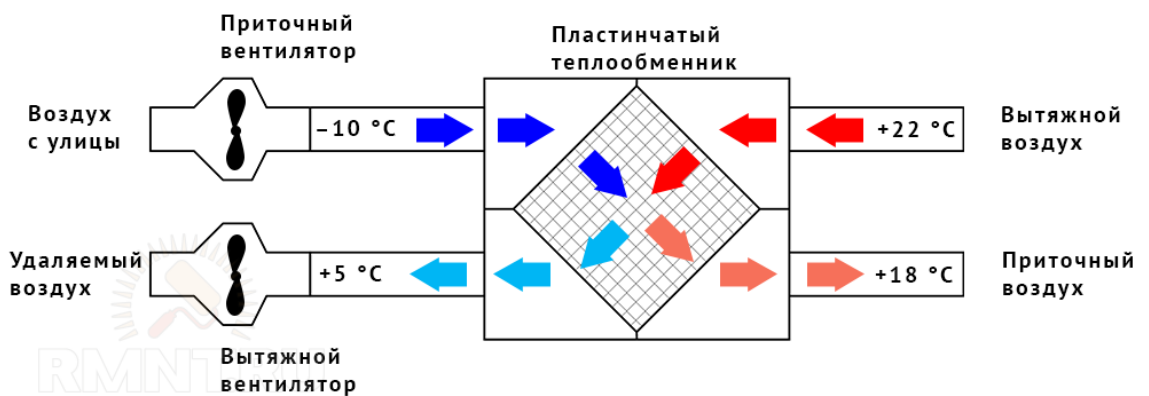


Рисунок 3.2 – Схема роботи рекуператора

Для маленького офісу існують спеціальні рекуператори на невеликі об'єми приміщення. Пропонується встановлення пластинчастий рекуператор «PRANA – 150 ECO LIFE» який зображено на рисунку 3.3 [25]





Рисунок 3.3 - Пластинчастий рекуператор «PRANA – 150 ECO LIFE»

Технічні характеристики пластинчастого рекуператора «PRANA – 150 ECO LIFE» описані в таблиці 3.3 [38].

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики:

Приплив	105 м <sup>3</sup> /год
Витяжка	97 м <sup>3</sup> /год
Одночасна робота притоку та витяжки	так
ККД	95%
Споживання енергії	4-68 Вт·год
Міні-догрів	так
Довжина робочого модуля	від 475 мм
Діаметр	150 мм
Діаметр монтажного отвору	165 мм
Рекомендована площа	до 60 м <sup>2</sup>
Утеплення корпусу	так
Система управління	пульт дистанційного управління, мобільний додаток Prana Remote Control

Рекуперация теплоти без додаткового нагрівання припливного повітря.

Визначається масова витрата вентиляованого повітря, кг/с за формулою:

$$\dot{m}_B = V_B \cdot \rho_P \quad (3.18)$$

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

$V_{\text{в}}$  – об’ємна витрата повітря, що вентилюється,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Визначається для природної вентиляції за формулою:

$$V_{\text{пв}} = 0,278 \cdot V_{\text{п}} \cdot k_{\text{в}} \cdot n_{\text{к}} \cdot 10^{-3} \quad (3.19)$$

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

$k_{\text{в}}$  – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об’єму приміщення через розміщення у ньому різного обладнання (береться  $k_{\text{в}} = 0,85-1,0$ );

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

$$V_{\text{пв}} = 0,278 \cdot 135 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 10^{-3} = 0,027 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Визначається масова витрата вентилязованого повітря:

$$\dot{m}_{\text{в}} = 0,027 \cdot 1,3 = 0,036 \text{ кг}/\text{с}.$$

Для механічної вентиляції (за умови  $n_{\text{в}} = n_{\text{з}}$ ) об’ємна витрата дорівнює:  $V_{\text{мв}} = Q_{\text{вент}} \cdot \frac{q^3}{q_{\text{в}}}$ , та визначається за формулою:

$$V_{\text{мв}} = Q_{\text{вент}} \cdot \frac{t_{\text{в}} + 273}{t_{\text{з.п.}} + 273} \quad (3.20)$$

де  $Q_{\text{вент}}$  – паспортна витрата вентиляторного агрегату,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$t_{\text{в}}$  – температура витяжного повітря,  $^{\circ}\text{C}$ , як правило, дорівнює температурі повітря всередині приміщення, що вентилюється;

$t_{\text{з.п.}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ .

					Аркуш
					50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$V_{\text{мв}} = \left(\frac{105}{3600}\right) \cdot \frac{(20 + 273)}{(-25 + 273)} = 0,35 \text{ м}^3/\text{с}.$$

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

$$\Delta Q_{\text{рт}} = \dot{m}_{\text{в}} \cdot c_{\text{п}} \cdot (t_{\text{в}} - (t_{\text{з.р.}} + \Delta t_{\text{р}})) \quad (3.21)$$

де  $t_{\text{в}}$  – температура витяжного повітря,  $^{\circ}\text{C}$ , як правило, дорівнює температурі повітря всередині приміщення, що вентилюється;

$t_{\text{з.р.}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

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

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

$$\Delta Q_{\text{рт}} = 0,35 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-25 + 12)) = 11,6 \text{ кВт}.$$

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

$$Q_{\text{рт}}^{\text{ЕК}} = \Delta Q_{\text{рт}} \cdot \frac{t_{\text{в}}^{\text{сеп}} - t_{\text{ср.оп.}}}{t_{\text{в}}^{\text{сеп}} - t_{\text{з.р.}}} \cdot \eta_{\text{р.р}} \cdot \eta_{\text{р.п.}} \quad (3.22)$$

де  $\Delta Q_{\text{рт}}$  – величина економії теплової енергії від рекуперації теплоти, кВт;

					Аркуш
					51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$t_{\text{в}}^{\text{сер}}$  – внутрішня температура приміщення будівлі (осереднена за робочими зонами), °С;

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

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

$\eta_{\text{р.р.}}$  – тривалість періоду роботи системи рекуперації теплоти за добу, годин;

$\eta_{\text{р.п.}}$  – тривалість робочого періоду у приміщенні за опалювальний рік, діб.

$$Q_{\text{рт}}^{\text{ЕК}} = 11,6 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-25)} \cdot 8 \cdot 187 = 8252,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

$$8252,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.} = 7 \text{ Гкал.}$$

Річна економія витрат на експлуатацію після впровадження заходу визначаємо за формулою:

$$\Delta E = Q_{\text{зах}}^{\text{Ек.рік}} \cdot \frac{c}{1000} \quad (3.23)$$

де  $c$  – вартість теплової енергії, грн/Гкал.

$$\Delta E = 7 \cdot \frac{1858,6}{1000} = 13 \text{ тис.} \frac{\text{грн}}{\text{рік.}}$$

Тоді, вартість впровадження заходу знаходимо за формулою:

$$C_{\text{впров}} = (C_{\text{тов}} + C_{\text{робіт}}) \quad (3.24)$$

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

$C_{\text{робіт}}$  – вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

					Аркуш
					52
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Вартість впровадження заходу залежить від складності запропонованого проекту та витрат на допоміжні матеріали та обладнання що в свою чергу ускладнює вірно оцінити повну вартість впровадження.

Орієнтована вартість заходу наведена в таблиці 3.4 [25].

Таблиця 3.4 – Матеріали та вартість рекуператора

Назва матеріал	Кількість	Одиниця виміру на м <sup>2</sup>	Ціна за одиницю	Загальна ціна
Рекуператор PRANA – 150 ECO LIFE	1	1 шт	17500	17500
Всього				17500

Тоді загальна сума за впровадження рекуператора складатиме:

$$C_{\text{впров}} = 6500 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності за формулою:

$$T = \frac{17500 + 6500}{13000} = 1,84 \text{ роки.}$$

Визначаємо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою (3.15):

$$R_p = 13000/24000 = 0,54.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (3.16):

$$T_{ок} = 24000 \cdot (1 + 0,25)/13000 = 2,4 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (3.17). Термін служби матеріалу 50 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 3.9. Якщо  $NPV > 0$ , то проект є вигідним, якщо  $NPV < 0$ , то – невигідним.

Таблиця 3.5 - Значення показника чистої приведеної вартості для рукоператора

Рік	Витрата, тис.грн	Грошовий потік, $\Delta E$ , тис.грн	Чистий дисконтований потік, тис.грн
0	24000	-	-
1		13000	10400,00
2		13000	8320,00
3		13000	6656,00
4		13000	5324,80
5		13000	4259,84
6		13000	3407,87
7		13000	2726,30
8		13000	2181,04
9		13000	1744,83
10		13000	1395,86
11		13000	1116,69
12		13000	893,35
13		13000	714,68
14		13000	571,75
15		13000	457,40
16		13000	365,92
17		13000	292,73

18		13000	234,19
19		13000	187,35
20		13000	149,88
21		13000	119,90
22		13000	95,92
23		13000	76,74
24		13000	61,39
25		13000	49,11
26		13000	39,29
27		13000	31,43
28		13000	25,15

Продовження таблиці 3.5

29		13000	20,12
30		13000	16,09
31		13000	12,87
32		13000	10,30
33		13000	8,24
34		13000	6,59
35		13000	5,27
36		13000	4,22
37		13000	3,37
38		13000	2,70
39		13000	2,16
40		13000	1,73
41		13000	1,38
42		13000	1,11
43		13000	0,88
44		13000	0,71
45		13000	0,57
46		13000	0,45
47		13000	0,36
48		13000	0,29
49		13000	0,23
50		13000	0,19
Ставка дисконтування			25%
NPV			51999,26

Проаналізувавши отримані результати розрахунку вартості

впровадження, терміну окупності, рентабельності та показника чистої приведеної вартості можна зробити висновок що встановлення рекуператора теплоти є гарним рішенням.

### 3.2.3 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.

Основними причинами протікання і протягів в місцях віконних примикань є:

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

Опис можливостей з енергозбереження:

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 [26].

						Аркуш
						56
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Силіконові герметики - сьогодні вони вважаються найбільш поширеними. Виготовляють їх на основі силосанових каучуків, і бувають 2 видів - ацетатні і нейтральні [26].

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 [26].

Заслугове на увагу дивовижна гнучкість силіконових герметиків - ці матеріали здатні розтягуватися приблизно на 250% від свого початкового розміру, та й після засихання вони приймають вид простий гумової прокладки [26].

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 тубику. На українському ринку зустрічається велика кількість неякісного матеріалу, підробок. Крім того, до недоліків якісного

						Аркуш
						57
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

силікону можна віднести погану адгезію силіконових герметиків до пластиків, а також неможливість нанесення на вологу поверхню [26].

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

						Аркуш
						58
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 [27-32].

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
						59
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.

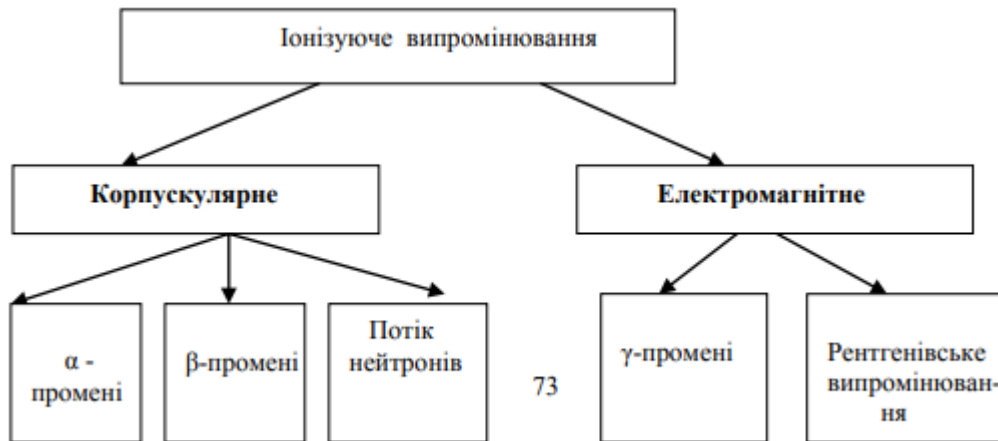


Рисунок 4.1 - Класифікація іонізуючих випромінювань

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, а-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 а-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
						61
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
						62
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),  $1 \text{ Кі} = 3,7 - 10^{10}$  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);  $1 \text{ Р} = 2,58 - 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ .

Експозиційна доза характеризує потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

						Аркуш
						63
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
						64
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
						65
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
						66
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
						67
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
						68
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	–

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 умовах, 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.

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.

						Аркуш
						70
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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 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

						Аркуш
						71
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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
						72
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-arhitektturnoproektniposlугy/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. Енеургоаудит 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
						73
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 (СНиП II-3-79), – 2016.-30 с.

11. Соціальні нормативи користування житлово-комунальними послугами [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://wiki.1551.gov.ua/pages/viewpage.action?pageId=18056085>

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 (СНиП II-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. Теплый фасад [Електронний інтернет-ресурс]: «Схема утепления стін» - Режим доступу до ресурсу :<https://www.teplyi-fasad.odessa.ua/uteplenie-balkona/>

17. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна базальтової вати» - Режим доступу до ресурсу:<https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/yteplitel-rockwool-rockton-100-mm/>

18. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна склосітки» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha->

						Аркуш
						74
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

[nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/setka-fasadnaya-masternet-160g-m-steklovolokonnaya-shchelochestoykaya-sinyaya-50m/](https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/setka-fasadnaya-masternet-160g-m-steklovolokonnaya-shchelochestoykaya-sinyaya-50m/)

19. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна клею для утеплення» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/kley-mv-dlya-krepleniya-i-zashchity-plit-iz-mineralnoy-vaty-ct-190-25-kg/>

20. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна ґрунтовки» - Режим доступу до ресурсу: [https://nasha-stroyka.com.ua/search/?q=Baumit+Uni Primer&how=r](https://nasha-stroyka.com.ua/search/?q=Baumit+Uni+Primer&how=r)

21. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна штукатурки» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/startovaya-shtukaturnaya-smes-baumit-mpi-25/>

22. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна для фінішної штукатурки» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/dekorativnaya-nanoshtukaturka-baumit-nanoportop-barashek/>

23. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна для фасадної фарби» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/ctproduct/fasadnaya-nanokraska-baumit-nanoporcolor/>

24. Теплоизол [Електронний інтернет-ресурс]: «Інформація, характеристика та ціна систем кріплення» - Режим доступу до ресурсу: <https://teploizol.in.ua/p557545931-dyubel-fasadnyj-metallicheskim.html>

25. Kiev Home [Електронний інтернет-ресурс]: «Інформація та ціна за утеплення» - Режим доступу до ресурсу: <https://kievrem.com.ua/price/uteplenie-fasadov-cena/>

26. Heat-Pump.ua [Електронний інтернет-ресурс]: «Характеристика та ціна рекуператора» - Режим доступу до ресурсу: <http://heat-pump.ua/lossnay-lgh-15rvx-e1/p-564.html>

						Аркуш
						75
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1. 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)

27. Іонізуюче випромінювання. Види, властивості та одиниці вимірювання іонізуючого випромінювання [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/1628011838297/bzhd/ionizuyuche\\_viprominyuvannya](https://pidruchniki.com/1628011838297/bzhd/ionizuyuche_viprominyuvannya)

28. 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.

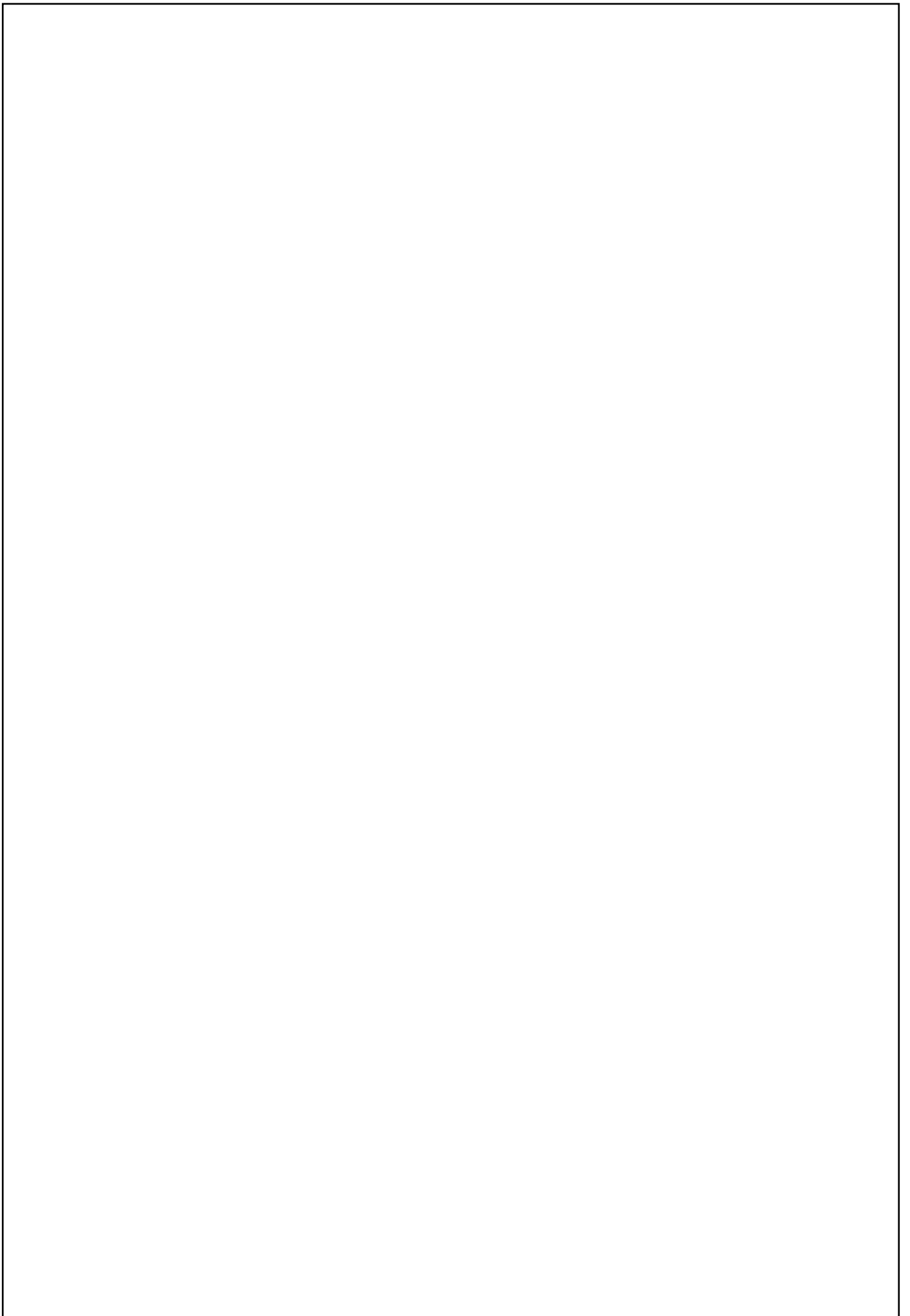
29. Іонізуючі випромінювання [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/15660212/bzhd/ionizuyuchi\\_viprominyuvannya](https://pidruchniki.com/15660212/bzhd/ionizuyuchi_viprominyuvannya)

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

31. 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.

32. 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
						76
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



						Аркуш
						77
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		