

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 144 Теплоенергетика,  
(код та назва)


освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент»  
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: «Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення  
будівлі КЗ «Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти»  
та розроблення заходів з енергозбереження»

Здобувачки групи ЕМ-01/1  
(шифр групи)

Лисянської Дар'ї В'ячеславівни  
(прізвище, ім'я, по батькові)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.*

  
(підпис)

Дар'я ЛИСЯНСЬКА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник доцент кафедри ПГМ, к.т.н., Сергій САПОЖНИКОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми 2024

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 59 сторінки, 9 рисунків, 11 таблиць, 1 додаток, 15 літературних джерел.

*Графічні матеріали:* енерготехнологічна схема об'єкту обстеження, комплексний аналіз рівня енергоефективності, результати розрахункового аналізу, техніко-економічний аналіз енергозбережних заходів – чотири плакати формату А3.

*Метою роботи є:* Розроблення заходів з енергозбереження для покращення енергозабезпечення будівлі навчального закладу.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі:*

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації систем енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

*Предметом дослідження є:* системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі навчального закладу.

*Об'єкт дослідження:* Комунальний заклад Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти та її системи енергозабезпечення.

*Ключові слова:* ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНІ ЗАХОДИ, ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ.


**Тема роботи:** «Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі КЗ «Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти» та розроблення заходів з енергозбереження».

## ЗМІСТ

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

### РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ .....	7
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження .....	7
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	8
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта .....	9
1.3.1 Система опалення.....	9
1.3.2 Система електропостачання.....	11
1.3.3 Система водопостачання .....	11
1.3.4 Система вентиляції.....	12
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв .....	12
1.4 Висновки за розділом.....	15
2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ .....	16
2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	16
2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії .....	16
2.1.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії .....	17
2.1.3 Аналіз обсягів споживання холодної води .....	19
2.2 Розрахунковий аналіз показників обстежуваної системи енергопостачання .	20
2.2.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності.....	20
2.2.2 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	22
2.2.3 Розрахунок тепловитрат .....	25
2.2.4 Розрахунок теплонадходжень .....	31
2.2.5 Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	33
2.3 Висновки за розділом.....	35
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	36
3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження .....	36
3.1.1 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій - стін .....	37

6.144.07 ВР 00 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Лисянська			
Перевірив	Сапожніков			
Реценз.				
Н. Контр.	Сапожніков			
Затверд.				
Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі КЗ «Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти» та розроблення заходів з енергозбереження.				
		Лит.	Лист	Листів
		3	59	
СумДУ ЕМ-01/1				

3.1.2 Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції.....	43
3.1.3 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій - підлоги .....	47
3.2 Висновки за розділом.....	50
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	53
ДОДАТОК А.....	55

						Арк.
						4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

Енергетичний сектор економіки України потребує особливої державної та індивідуальної уваги. Дуже важливо використовувати альтернативні джерела енергії та знаходити нові шляхи та засоби енергопостачання.

Енергоефективність є важливим показником для оцінки енергетичних процесів, а низький рівень становить серйозну загрозу економічній безпеці України.

У сучасному розвитку технічних рішень щодо підвищення рівня енергозбереження при використанні енергоносіїв основним фактором, що відображає енергозберігаючу ефективність будівель, є рівень теплоенергозбереження, оскільки кількість матеріальних і фінансових ресурсів використовується для опалення набагато більше, ніж витрати на системи освітлення, витрати на водопостачання, вентиляцію та кондиціонування повітря. Збереження теплової енергії є основним завданням, вирішення якого впливає на організацію роботи інших суміжних енергосистем. З усієї теплової енергії, що виробляється в будівлях, до 90% використовується на опалення. З метою зниження невиправдано високого експлуатаційного енергоспоживання будівель введено нові норми теплозахисту будівель, які передбачають, що за рахунок підвищення опору теплопередачі стіни можна зменшити енергоспоживання конструкції на 20-40 % і втрати теплоізоляції різних конструкційних елементів.

При вирішенні цієї проблеми особливу увагу необхідно приділяти не тільки новобудовам, а й існуючому фонду житлових і громадських будівель, теплотехнічні характеристики яких не відповідають сучасним вимогам. Зниження енерговитрат при експлуатації будівлі можна досягти за рахунок поліпшення теплових властивостей закритих конструкцій і створення систем опалення з регульованим тепловим режимом. Зниження якості ізоляції огорожувальних конструкцій до нормативних показників суттєво вплине на економію теплової енергії будівлі. Але цього можна досягти лише шляхом впровадження абсолютно

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нових фасадних конструкцій і технічних рішень, адаптованих не лише до кліматичних умов, а й до основи будівлі.

Враховуючи, що на даний момент майже 90% всього житлового комплексу в нашій країні будується за старими стандартами опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, головним завданням є проведення комплексного енергетичного обстеження (енергоаудиту) таких житлових комплексів. Метою є подальше приведення будівель і споруд у відповідність із відповідними сучасними правилами ізоляції. Основним завданням енергетичних обстежень довгостроково експлуатованих будівель і споруд є визначення їх фактичної теплової потужності з урахуванням усіх основних факторів, що визначають тепловтрати та теплонадходження. Таким чином, після визначення значення теплової потужності будівлі за допомогою диференціального методу при розрахунку компонентів будівлі можна визначити компоненти, які найбільше впливають на рівень тепловтрат або погану експлуатацію будівлі. Система опалення всієї будівлі.

Мета та призначення цього енергетичного обстеження: аналіз фактичного споживання енергоресурсів у будівлі Обласного інституту післядипломної педагогічної освіти, що знаходиться за адресою: вул. Миколи Сумцова, 5, м. Суми, 40007 та розроблення енергозберігаючих заходів для скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів .

Вихідні дані для розрахунків та проведення енергетичного обстеження були надані уповноваженим персоналом установи.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження даної бакалаврської роботи є Комунальний заклад Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти (КЗ СОШПО), що знаходиться за адресою м.Суми, вул. Миколи Сумцова, 5 (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Загальний вид закладу

Мета роботи: здійснити обстеження системи тепlopостачання будівлі, визначити її фактичний технічний стан та обсяги енергоспоживання, а також впровадити енергозберігаючі заходи для ефективного використання енергії.

Технічні характеристики будівлі наведені в таблиці 1.1.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики будівлі

Рік введення в експлуатацію	1939
Кількість поверхів	4
Кількість входів	3
Загальна площа	3003 м <sup>2</sup>
Опалювальний об'єм	8723 м <sup>3</sup>
Опалювальна площа	3003 м <sup>2</sup>
Опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами	9910 м <sup>3</sup>

Постачання теплової енергії до будівлі здійснюється від систем централізованого опалення.

Подача холодної води здійснюється централізовано.

## 1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Цегляний фасад будівлі має ознаки старіння та зносу, включаючи численні тріщини та пошкоджені шви, що може призводити до проникнення вологи та подальшого погіршення стану матеріалу. Розшарування цегли на окремих ділянках вказує на необхідність проведення ремонтних робіт для запобігання подальшій деградації стін. Додатково, на фасаді можна спостерігати місця, де зник або значно зменшився шар штукатурки, що збільшує ризик тепловтрат.

Встановлені пластикові вікна загалом мають кращу теплоізоляцію порівняно зі старими дерев'яними рамами. Проте, деякі вікна потребують додаткової герметизації через знос ущільнювачів, що призводить до появи щілин і втрат тепла. Вікна на північній стороні будівлі потребують особливої уваги через підвищену експозицію до вітру та низьких температур.

Дах будівлі вимагає ретельної перевірки. Є ознаки зношеності покрівельного матеріалу, що може спричиняти витік води під час опадів.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Відсутність або недостатність теплоізоляції під покрівлею призводить до значних тепловтрат, що підвищує енергоспоживання будівлі в холодну пору року. Можлива наявність моху або лишайників, які свідчать про вологість покрівлі та недостатню вентиляцію.

Спостерігаються зволоження та тріщини в фундаменті, що може негативно впливати на загальну стабільність будівлі. Зволоження може бути результатом неефективної дренажної системи або підняття ґрунтових вод. Тріщини вказують на можливе просідання фундаменту, що вимагає негайної інспекції та потенційних ремонтних робіт для запобігання подальшим структурним пошкодженням. Рекомендується перевірити стан гідроізоляції фундаменту та провести відповідні заходи з її відновлення, якщо це необхідно.

### 1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

#### 1.3.1 Система опалення

Теплопостачання Сумського Обласного інституту післядипломної педагогічної освіти забезпечується централізовано у відповідності до угоди про надання послуг з централізованого опалення з ТОВ «Сумитеплоенерго».

Підключення до теплової мережі здійснюється через тепловий пункт, який розташований у підвальному приміщенні і забезпечує доступ обслуговуючого персоналу до приладів, наявність освітлення та відповідність вимогам правил технічної експлуатації тепловикористовуючих устаткувань і теплових мереж. Схема теплових мереж наведена на рисунку 1.2.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

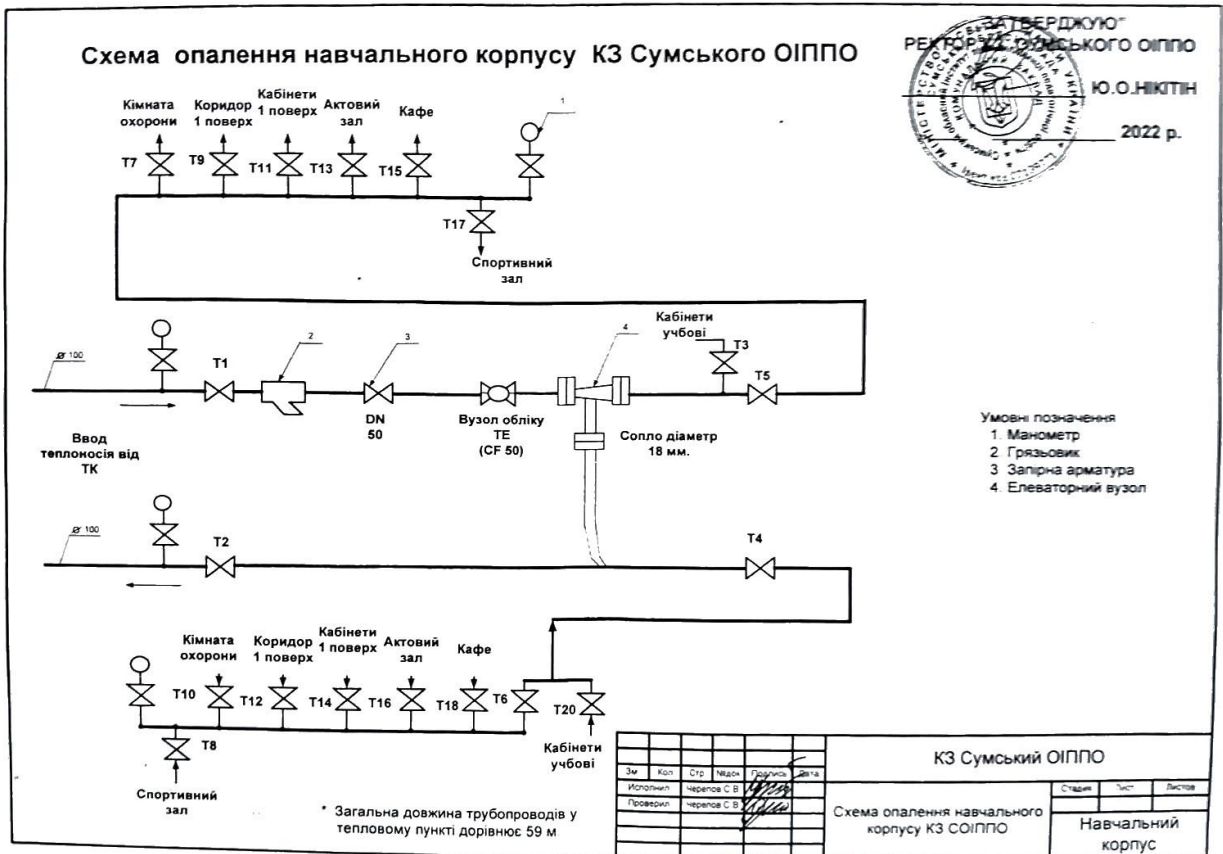


Рисунок 1.2 – Схема опалення навчального корпусу

Трубопроводи теплової мережі та деталі вузла обліку теплової енергії виготовлені зі сталі і повністю ізольовані.

Система теплової мережі закладу є двотрубною з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів - горизонтальною. Магістральні трубопроводи до будівлі прокладені під землею і з'єднуються в тепловому пункті з головними подавальними трубопроводами.

У якості опалювальних приладів використовуються конвективні опалювальні радіатори типу MC-140, розташовані під вікнами в кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів обмежений.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

### 1.3.2 Система електропостачання

Електрообладнання в навчальному закладі включає різноманітні електричні пристрої, які знаходять застосування у різних сферах повсякденної діяльності. Воно створює потрібну інфраструктуру для здійснення навчання, управління та функціонування закладу.

Освітлення будівлі здійснюється за допомогою трьох типів ламп: ламп розжарювання, світлодіодних і люмінесцентних світильників. Велику частку становлять люмінесцентні світильники, які складають 55% від загальної кількості.

У будівлі встановлено близько 500 світильників, з них: 275 люмінесцентні світильники потужністю 21 Вт кожна. Ламп розжарювання приблизно 150 штук потужністю 60 Вт. Світлодіодних ламп виявилось найменше – 75, потужність у них всього 15 Вт.

Ця система охоплює широкий спектр обладнання, такий як комп'ютери, використовувані для проведення навчальних занять, ведення документації та проведення досліджень; принтери та сканери для друку та копіювання документів; а також побутова техніка для забезпечення харчування та зручності працівників.

Забезпечення закладу електричною енергією відбувається згідно договору з АТ «Сумиобленерго». Передача показів лічильника за послуги відбувається кожен місяць.

### 1.3.3 Система водопостачання

Подача холодної води до інституту здійснюється централізовано, а гаряче водопостачання не передбачено.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головними споживачами води є персонал та відвідувачі закладу. Після використання вода надходить у систему водовідведення та подається у міську каналізацію.

Показники лічильника знімаються щоденно, а акти передачі показників обліку складаються щомісячно. Забезпечення закладу водою та водовідведенням регулюється за договором із КП «Міськводоканал» СМР.

#### 1.3.4 Система вентиляції

Система вентиляції в інституті працює природним чином без механічних установок. Повітря видаляється через вентиляційні канали в стінах та даху, а свіже повітря надходить через отвори у вікнах та зовнішніх дверях. Це забезпечує природний повітрообмін.

Система є енергоефективною і не потребує електроенергії для роботи, що зменшує витрати на обслуговування.

#### 1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв

Облік теплоенергії здійснюється лічильником QALCO (SKS-3) у виконанні QalcoSonic Heat (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Теплолічильник

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ультразвуковий компактний лічильник тепла QALCO (SKS-3) призначений для вимірювання, контролю та обліку теплової енергії та параметрів теплоносія в закритих системах опалення, а також охолодження у виробників та споживачів. Він використовується для комерційного обліку тепlopостачання (теплоспоживання) у закритих або відкритих системах опалення (охолодження), встановлених у житлових будинках, комерційних компаніях, організаціях та на об'єктах тепlopостачання [1].

Технічні характеристики лічильника:

Діапазон вимірювання температури очислювачем — 0...180 °С.

Вимірювання різниці температур — 3...150 °С.

Тип виміру – ультразвуковий.

Клас точності – 2 за ДСТУ EN 1434-1:2014.

Тип приєднання – Муфтове.

Умовний прохід – 15 мм.

Виробник – Аxioma Industries (Литва).

Облік спожитої електричної енергії здійснюється лічильником типу NIK 2301 (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Лічильник електроенергії

					Арк.
					13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Технічні характеристики лічильника [2]:

Кількість фаз – трифазний.

Тип підключення – прямий.

Номинальний струм – 5А.

Номинальна напруга – 3х220/380 В.

Номинальна частота – 50 Гц.

Облік споживання холодної води здійснюється лічильником Sensus 420 DN20 (рис. 1.5)



Рисунок 1.5 – Лічильник води

Технічні характеристики [3]:

Номинальний діаметр – 20 мм.

Максимальний тиск – 1,6 МПа.

Температурний клас – 30 °С.

Будівельна довжина – 190 мм.

Матеріал корпусу – латунь.

					Арк.
					14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

#### 1.4 Висновки за розділом

Комунальний заклад Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти побудований у 1939 році.

З плином часу, сліди старіння стали помітними на фасаді та усередині будівлі. Заклад потребує ретельного огляду та можливого ремонту, щоб забезпечити безпеку та комфорт для всіх працівників і студентів.

Отримання тепла для опалення приміщень здійснюється через системи централізованого опалення. Однак, з огляду на вік будівлі та необхідність раціонального використання енергетичних ресурсів, можливо, знадобиться модернізація опалювальних систем.

Щодо постачання холодної води, цей процес також відбувається централізовано через КП «Міськводоканал» Сумської міської ради. Забезпечення надійного та безперебійного доступу до води має велике значення для повсякденного функціонування інституту.

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

## 2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

### 2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води

#### 2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Обсяг теплової енергії, спожитої будівлею закладу протягом 2021-2023 років, представлений у таблиці 2.1 та на рисунку 2.1.

Таблиця 2.1 – Кількість теплової енергії спожитої у 2021-2023 роках, Гкал

Місяці	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Січень	48,277	43,262	31,349
Лютий	49,531	46,397	45,143
Березень	45,589	30,722	30,095
Квітень	18,759	16,828	10,797
Травень	–	–	–
Червень	–	–	–
Липень	–	–	–
Серпень	–	–	–
Вересень	–	–	–
Жовтень	6,633	–	14,421
Листопад	25,920	25,706	36,365
Грудень	34,138	43,262	49,531
<b>Всього</b>	<b>228,847</b>	<b>206,177</b>	<b>217,701</b>



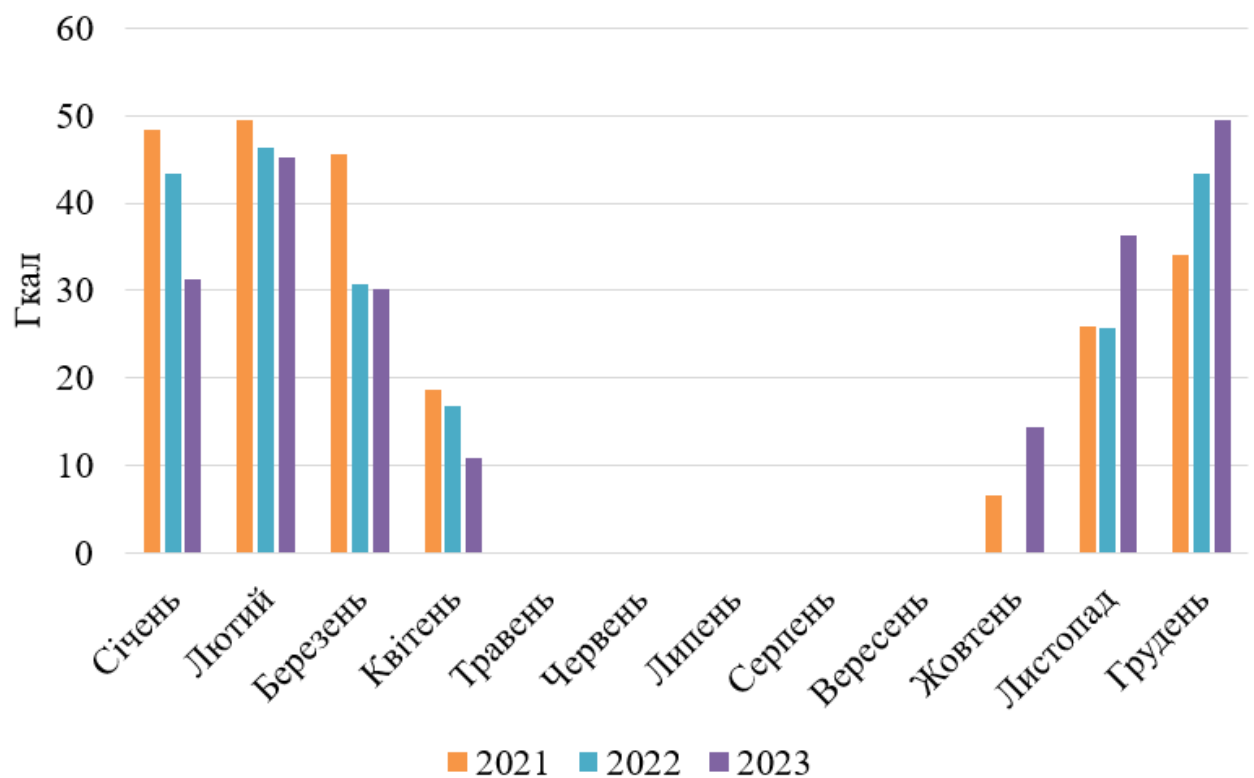


Рисунок 2.1 – Динаміка споживання теплової енергії за 2021-2023 роки

Споживання теплової енергії відбувається лише в опалювальний період. Аналіз даних у таблиці 2.1 та на рисунку 2.1 показує, що найбільше тепла споживається в грудні, січні та лютому, а найменше – у квітні та жовтні.

### 2.1.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Обсяг електричної енергії, спожитої будівлею закладу протягом 2021-2023 років, представлений у таблиці 2.2 та на рисунку 2.2.

Таблиця 2.2 – Споживання електричної енергії за 2021-2023 роки, кВт·год

Місяці	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Січень	2413	7234	2811
Лютий	6053	7260	3454
Березень	5916	3928	3465

Продовження таблиці 2.2

Квітень	5880	2881	3427
Травень	5108	5607	3953
Червень	5747	5903	2969
Липень	4003	5560	3001
Серпень	4606	6623	2861
Вересень	4283	4135	2867
Жовтень	7429	5293	3458
Листопад	6959	4026	4080
Грудень	4360	2630	5091
<b>Всього</b>	<b>62757</b>	<b>61080</b>	<b>41437</b>

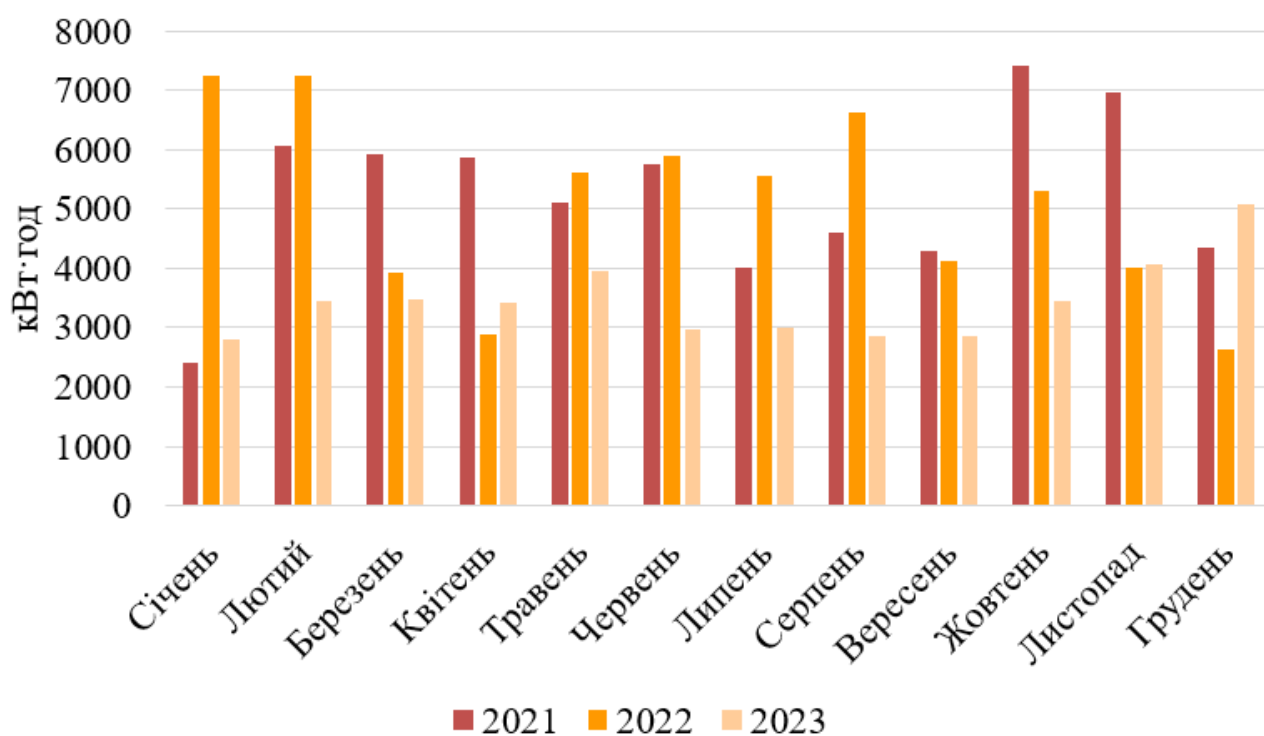


Рисунок 2.2 – Динаміка споживання електроенергії будівлею за 2021-2023 роки

Споживання електроенергії залежить від сезонних факторів, таких як температура зовнішнього середовища та зміни у використанні енергії в різні місяці.

Пік споживання зазвичай припадає на зиму, коли є потреба у додатковому опаленні. Влітку зазвичай споживання менше, через збільшення світлового дня.

### 2.1.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяг електричної енергії, спожитої будівлею закладу протягом 2021-2023 років, представлений у таблиці 2.3 та на рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 – Споживання холодної води за 2021-2023 роки, м<sup>3</sup>

Місяці	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Січень	44	43	44
Лютий	43	42	45
Березень	45	40	44
Квітень	46	45	47
Травень	45	47	47
Червень	44	45	46
Липень	47	44	45
Серпень	45	43	42
Вересень	44	45	42
Жовтень	42	46	45
Листопад	45	44	43
Грудень	46	45	43
<b>Всього</b>	<b>536</b>	<b>529</b>	<b>533</b>

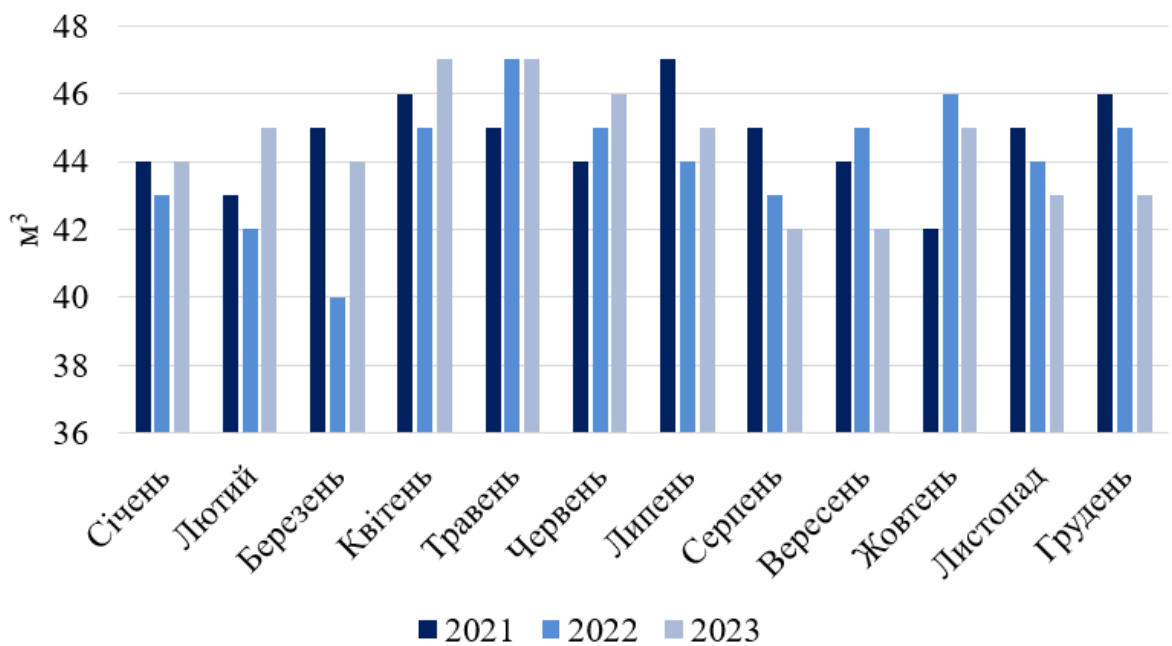


Рисунок 2.3 – Динаміка споживання холодної води за 2021-2023 роки

Проаналізувавши таблицю 2.3 та рисунок 2.3 бачимо, що кількість холодної води споживається кожен місяць приблизно однаково.

## 2.2 Розрахунковий аналіз показників обстежуваної системи енергопостачання

### 2.2.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності

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 [5].

$$EP = \frac{Q_{оп}}{V_{буд}^{оп}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (2.1)$$

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

					Арк.
					20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

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

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [5]:

$$EP \leq EP_{\text{max}}, \quad (2.2)$$

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

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

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [7]:

$$EP_{\text{max}} = 28 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} = 0,024 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

Згідно з наданими даними обліку, фактичні питомі витрати тепла на опалення будівлі в опалювальний період становлять:

– за 2021 рік –  $Q_{\text{оп}} = 228,847$  Гкал;

– за 2022 рік –  $Q_{\text{оп}} = 206,177$  Гкал;

– за 2023 рік –  $Q_{\text{оп}} = 217,701$  Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

– за 2021 рік –  $EP = 0,026$  Гкал/м<sup>3</sup>;

– за 2022 рік –  $EP = 0,024$  Гкал/ м<sup>3</sup>;

– за 2023 рік –  $EP = 0,025$  Гкал/ м<sup>3</sup>.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними опалювальними періодами становить –  $EP = 0,025$  Гкал/ м<sup>3</sup>.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою [5]:

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{EP - EP_{max}}{EP_{max}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\frac{0,025 - 0,024}{0,024} \cdot 100\% = 4,2\%$$

Згідно з [5, табл.2] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «D».

Це свідчить про те, що вона не відповідає встановленим стандартам енергоефективності та потребує впровадження заходів для зменшення енергоспоживання.

### 2.2.2 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій  $R_{\Sigma пр}$ ,  $m^2 \cdot K/Вт$  повинний бути не менше від потрібних значень  $R_{q \min}$ , що визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних і комфортних умов та умов енергозбереження [6, с.12].

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q \min} , \quad (2.4)$$

де  $R_{\Sigma пр}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K/Вт$  [6, с.12];

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$R_{q \min}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  [6, с.12].

Мінімально допустиме значення,  $R_{q \min}$ , опору теплопередачі зовнішніх непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових будинків встановлюється згідно від температурної зони експлуатації будинку [6, с.13].

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, що розраховується за формулою [6, (1.4)]:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (2.5)$$

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

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , що беруть згідно з [6, табл.15 (додаток Б)];

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

Приведений опір теплопередачі,  $R_{\Sigma \text{пр}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.4) розраховується за формулою [6, (1.10)]:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (2.6)$$

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

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , згідно з [6, табл.15 (додаток Б)];

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

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

					Арк.
					23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, згідно формули (2.5),  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

### 1. Стіни.

Кладка з силікатної цегли товщиною  $\delta_1 = 0,5$  м та теплопровідністю  $\lambda_1 = 0,8$   $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

Цементно-піщаний розчин –  $\delta_2 = 0,01$  м,  $\lambda_2 = 0,35$   $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

Цементно-піщана штукатурка –  $\delta_3 = 0,02$  м,  $\lambda_3 = 1,20$   $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Термічний опір теплопередачі стін визначається за формулою (2.6):

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{ст}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,8} + \frac{0,01}{0,35} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{1}{23} = 0,83 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

### 2. Дах.

Стандартна залізобетонна плита –  $\delta_4 = 0,2$  м,  $\lambda_4 = 1,92$   $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

Цементна стяжка –  $\delta_5 = 0,03$  м,  $\lambda_5 = 1,2$   $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

Гравій керамзитовий –  $\delta_6 = 0,15$  м,  $\lambda_6 = 0,07$   $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

Руберойд –  $\delta_7 = 0,005$  м,  $\lambda_7 = 0,17$   $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Термічний опір теплопередачі даху визначається за формулою (2.6):

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{дах}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{1,92} + \frac{0,03}{1,2} + \frac{0,15}{0,07} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{12} = 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

### 3. Вікна

Вікна одного типу – металопластикові з двокамерним склопакетом

Термічний опір теплопередачі вікон:

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{в}} = 0,77 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

### 4. Підлога

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Стандартна залізобетонна плита –  $\delta_8 = 0,2$  м,  $\lambda_8 = 1,92$  Вт/(м·К);

Розчин цементно-піщаний –  $\delta_9 = 0,05$  м,  $\lambda_9 = 1,2$  Вт/(м·К);

Лінолеум –  $\delta_{10} = 0,003$  м,  $\lambda_{10} = 0,35$  Вт/(м·К).

Термічний опір теплопередачі підлоги визначається за формулою (2.6):

$$R_{\Sigma пр}^{підл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{1,92} + \frac{0,05}{1,2} + \frac{0,003}{0,35} + \frac{1}{6} = 0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

## 5. Двері

У наявності 3 типи дверей:

1) Дерев'яні двері –  $\delta_{11} = 0,05$  м,  $\lambda_{11} = 0,23$  Вт/(м·К);

2) Сталеві двері –  $\delta_{12} = 0,003$  м,  $\lambda_{12} = 58$  Вт/(м·К);

3) Металопластикові двері –  $\delta_{13} = 0,07$  м,  $\lambda_{13} = 1,2$  Вт/(м·К).

Термічний опір теплопередачі окремо для кожного типу дверей визначається за формулою (2.6):

$$1) R_{\Sigma пр}^{д.дв} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,23} + \frac{1}{23} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$2) R_{\Sigma пр}^{ст.дв} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,003}{58} + \frac{1}{23} = 0,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$3) R_{\Sigma пр}^{м.п.дв} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,07}{1,2} + \frac{1}{23} = 0,22 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Осереднений термічний опір дверей:

$$R_{\Sigma пр}^{дв} = \frac{0,38 + 0,16 + 0,22}{3} = 0,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

### 2.2.3 Розрахунок тепловитрат

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень обчислюються за формулою [6, (2.1)]:

					Арк.
					25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$\Sigma Q_{\text{втр}} = \Sigma Q_o + \Sigma Q_d + \Sigma Q_{\text{інф}} + \Sigma Q_{\text{вент}}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де  $\Sigma Q_o$  – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі, Вт;

$\Sigma Q_d$  – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

$\Sigma Q_{\text{інф}}$  – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

$\Sigma Q_{\text{вент}}$  – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, стелі, світлові прорізи, двері, підлоги) визначаються за загальною формулою:

$$Q_o = \frac{F_{\text{огр}}}{R_{\Sigma \text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.п}}) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.8)$$

де  $F_{\text{огр}}$  – розрахункова площа непрозорої поверхні огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>;

$R_{\Sigma \text{пр}}$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$t_{\text{в}}, t_{\text{з.п}}$  – відповідно температури усередині приміщення [6, табл.2 (додаток Б)] і зовнішнього повітря [6, табл.8 (додаток Б)], °С;

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря [6, табл.12 (додаток Б)].

### 1. Тепловтрати крізь зовнішні стіни:

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{ст}} = \frac{1314,72}{0,83} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 72864 \text{ Вт}$$

2. Тепловтрати крізь стелю:

$$Q_{\text{стл}} = \frac{750,75}{2,5} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 13813,8 \text{ Вт}$$

3. Тепловтрати крізь вікна:

$$Q_{\text{вкн}} = \frac{216}{0,77} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 12903,9 \text{ Вт}$$

4. Тепловтрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{підл}} = \frac{750,75}{0,44} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 78487,5 \text{ Вт}$$

5. Тепловтрати крізь двері:

1) Дерев'яні:  $Q_{\text{д.дв}} = \frac{12,6}{0,38} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 1525,3 \text{ Вт}$

2) Металопластикові:  $Q_{\text{м.п.дв}} = \frac{5,04}{0,22} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 1053,8 \text{ Вт}$

2) Сталеві:  $Q_{\text{ст.дв}} = \frac{1,8}{0,16} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 517,5 \text{ Вт}$

Сумарні втрати теплоти крізь огорожувальні конструкції визначаються за формулою [6, (2.4)]:

					Арк.
					27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$\sum Q_{\text{втр}} = \sum Q_{\text{ст}} + \sum Q_{\text{стл}} + \sum Q_{\text{вкн}} + \sum Q_{\text{д}} + \sum Q_{\text{підл}} + \sum Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} + \sum Q_{\text{в}}, \text{Вт} \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} \sum Q_{\text{втр}} &= 72864 + 13813,8 + 12903,9 + 78487,5 + 1525,3 + 1053,8 + 517,5 + 16775,94 \\ &+ 237062,95 = 435004,69 \text{ Вт} \end{aligned}$$

де  $\sum Q_{\text{ст}}$  – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження (вертикальної конструкції), Вт;

$\sum Q_{\text{стл}}$  – сумарні втрати теплоти крізь стелю (покриття), Вт;

$\sum Q_{\text{вкн}}$  – сумарні втрати теплоти крізь світлові прорізи, Вт;

$\sum Q_{\text{д}}$  – сумарні втрати теплоти крізь двері, обчислені для приміщень у яких є вихід на зовнішню сторону будинку, Вт;

$\sum Q_{\text{підл}}$  – сумарні втрати теплоти крізь неутеплені підлоги, Вт.

$\sum Q_{\text{інф}}$  – тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи, Вт

$\sum Q_{\text{в}}$  – тепловтрати на вентиляцію, Вт

Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

Додаткові втрати тепла через огорожувальні конструкції будівель обумовлені наявністю багатьох різних неврахованих факторів, що підвищують величини основних тепловтрат на деякі частки від їхніх значень. [6, с.28]

Додаткові тепловтрати крізь зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, розраховуються за формулою [6, (2.5)]:

$$\sum Q_{\text{ор}}^{\text{д}} = \sum Q_{\text{ст}} \cdot \beta_{\text{ор}}, \text{Вт} \quad (2.10)$$

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

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\beta_{op}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [6, с.28].

$$\sum Q_{op}^d = 72864 \cdot 0,13 = 9472,32 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати крізь неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами [6, (2.9)]:

$$\sum Q_{пдл}^d = 0,05 \cdot Q_{пдл}, \text{ Вт} \quad (2.11)$$

де  $Q_{пдл}$  – втрати теплоти через неутеплені підлоги, Вт.

$$\sum Q_{пдл}^d = 78487,5 \cdot 0,05 = 3924,38 \text{ Вт}$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти крізь огорожувальні конструкції:

$$\sum Q_d = \sum Q_{op}^d + \sum Q_v^d + \sum Q_{пдл}^d, \text{ Вт} \quad (2.12)$$

де:  $\sum Q_{op}^d$  – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

$\sum Q_v^d$  – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

$\sum Q_{пдл}^d$  – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

$$\sum Q_d = 9472,32 + 3924,38 + 1314,72 = 14711,42 \text{ Вт}$$

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

					Арк.
					29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи визначаються за формулою [6, (2.14)].

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н.вкн}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}}), \text{Вт} \quad (2.13)$$

де  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює  $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$ ;

$t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{з.р}}$  - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення [6, табл.2 (додаток Б)] і зовнішнього повітря [7, табл.8 (додаток Б)],  $^\circ\text{С}$ ;

$G_{\text{н.вкн}}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь нещільність віконного огороження [6, табл.13 (додаток Б)],  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ;

$F_{\text{вкн}}$  – площа віконного прорізу,  $\text{м}^2$ .

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 6 \cdot 216 \cdot 1,005 \cdot (21 - (-25)) = 16775,94 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності:

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot V_{\text{п}} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}}) \cdot n_{\text{к}} \cdot k_{\text{в}}, \text{Вт} \quad (2.14)$$

де  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює  $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$ ;

$t_{\text{в}}$  і  $t_{\text{з.р}}$  - температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря,  $^\circ\text{С}$ ;

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

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

$n_{\text{к}}$  – кратність повітрообміну приміщення,  $\text{год}^{-1}$  (за умовою завдання);

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

					Арк.
					30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$Q_B = 0,28 \cdot 8723 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (21 - (-25)) \cdot 1,9 \cdot 0,85 = 237062,95 \text{ Вт}$$

#### 2.2.4 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей розраховується за формулою [6, (3.1)]:

$$Q_L = q_L \cdot n_L, \text{ Вт} \quad (2.15)$$

де  $q_L$  – явні теплонадходження від людей [7, табл.11 (додаток Б)], Вт;

$n_L$  – кількість людей.

Всього у закладі працює 130 людей, серед них 26 чоловіків та 104 жінок. Кількість студентів – 60. Температура у будівлі 21 °С.

$$Q_L = 26 \cdot 102 + 104 \cdot 102 \cdot 0,85 + 60 \cdot 102 \cdot 0,75 = 16258,8 \text{ Вт}$$

Теплонадходження від сонячної радіації розраховується за формулою [6, (3.5)]:

$$Q_{\text{рад}} = (q_C \cdot F_C + q_T \cdot F_T) \cdot k_{\text{в.п}}, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

де  $q_C$ ,  $q_T$  – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м<sup>2</sup> скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м<sup>2</sup> ( $q_C=250$  Вт/м<sup>2</sup>;  $q_T=100$  Вт/м<sup>2</sup>);

$F_C$ ,  $F_T$  – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м<sup>2</sup>;

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{e.n}$  – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ( $k_{e.n} = 0,5$ ).

$$Q_{\text{рад}} = 250 \cdot 162,32 \cdot 0,5 + 100 \cdot 243,48 \cdot 0,5 = 32464 \text{ Вт}$$

Теплонадходження від джерел освітлення розраховується за формулою [6, (3.4)]:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{л}} \cdot k_{\text{осв}} \cdot n_{\text{св}} \cdot k_{\text{з}}, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

де  $N_{\text{л}}$  – потужність одного джерела освітлення, Вт;

$k_{\text{осв}}$  – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (світлодіоді лампи –  $k_{\text{осв}} = 0,15$ ; люмінесцентні лампи –  $k_{\text{осв}} = 0,5$ ; лампи розжарення –  $k_{\text{осв}} = 0,95$ );

$k_{\text{з}}$  – коефіцієнт завантаження освітлення;

$n_{\text{св}}$  – кількість однотипних джерел освітлення.

Лампи люмінесцентні трубчасті потужністю 21 Вт:

$$Q_{\text{осв}} = 21 \cdot 0,5 \cdot 275 \cdot 9 = 25987,5 \text{ Вт}$$

Лампи розжарювання потужністю 60 Вт:

$$Q_{\text{осв}} = 60 \cdot 0,95 \cdot 150 \cdot 9 = 76950 \text{ Вт}$$

Лампи світлодіодні потужністю 15 Вт:

$$Q_{\text{осв}} = 15 \cdot 0,15 \cdot 75 \cdot 9 = 1518,75 \text{ Вт}$$

Загалом:  $Q_{\text{осв}} = 25987,5 + 76950 + 1518,75 = 104456,25 \text{ Вт}$

					Арк.
					32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	



Сумарні теплонадходження рахуються за формулою [6, (3.14)]:

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{рад}}, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

$$Q_{\text{над}} = 16258,8 + 104456,25 + 32464 = 153179,05 \text{ Вт}$$

### 2.2.5 Визначення теплової потужності всієї будівлі

Теплова потужність будівлі – це та потужність теплової енергії, яка необхідна для підтримання у приміщеннях тепловологісного балансу, що визначає санітарно-гігієнічний комфорт за нормованими показниками [6, с. 45]

Теплова потужність будівлі визначається за формулою [6, (3.16)]:

$$\Delta Q = \Sigma Q_{\text{втр}} - \Sigma Q_{\text{тн}}, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

де  $\Sigma Q_{\text{втр}}$  - сумарні тепловтрати по всій будівлі, Вт;

$\Sigma Q_{\text{тн}}$  - сумарні теплонадходження по всій будівлі, Вт.

$$\Delta Q = 435004,69 - 153179,05 = 281825,64 \text{ Вт}$$

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій закладу наведені у таблиці 2.4.

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	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 силікатної на цементно-піщаному розчині	0,5	0,8	0,83	4,0
		Цементно-піщаний розчин	0,01	0,35		
		Штукатурка	0,02	1,2		
2	Дах	Залізобетонна плита	0,2	1,92	2,5	5,35
		Цементна стяжка	0,03	1,2		
		Гравій керамзитовий	0,15	0,07		
		Руберойд	0,005	0,17		
3	Вікна	Металопластикові	–	–	0,77	0,9
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,2	1,92	0,44	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,05	1,2		
		Лінолеум	0,003	0,35		
5	Двері	Дерев'яні	0,05	0,23	0,38	0,7
		Сталеві	0,003	58	0,16	
		Металопластикові	0,07	1,2	0,22	

Отримані результати ( $R_{\Sigma np} \ll R_{q min}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [6]. Даний факт свідчить про недостатню теплоізоляцію огорожувальних конструкцій, що потребує впровадження енергоефективних заходів для збільшення їх опору теплопередачі.

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунків

Розрахункові дані		Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін, $(м^2 \cdot К)/Вт$		0,83
Приведений опір теплопередачі для даху, $(м^2 \cdot К)/Вт$		2,5
Приведений опір теплопередачі для дверей (дер./стал./м.п), $(м^2 \cdot К)/Вт$		0,38/0,16/0,22
Приведений опір теплопередачі для вікон $(м^2 \cdot К)/Вт$		0,77

Продовження таблиці 2.5

Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	0,44
Втрати теплоти через стіни,Вт	72864
Втрати теплоти через дах,Вт	13813,8
Втрати теплоти через вікна,Вт	12903,9
Втрати теплоти через підлогу,Вт	78487,5
Втрати теплоти через двері, Вт	3096,6
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	16775,94
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	237062,95
Сумарні тепловтрати, Вт	435004,69
Теплонадходження від людей, Вт	16258,8
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	104456,25
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	32464
Сумарні теплонадходження,Вт	153179,05
Теплова потужність будівлі,Вт	281825,64

### 2.3 Висновки за розділом

У цьому розділі були виконані наступні розрахунки: опір теплопередачі, основні та додаткові теплові втрати стін та інших конструктивних елементів, основні теплопостачання у будівлю та тепла потужність усієї будівлі.

Також було проведено аналіз споживання енергоресурсів та визначення класу ефективності будівлі КЗ СОІППО.

### 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

На сьогодні енергетичний фактор є одним з головних чинників, що впливають на стан економічної ситуації в Україні. На даний час енергозберігаючі технології впроваджуються практично у всіх галузях економіки. Але, якщо для промислового виробництва реальним результатом енергозбереження стає зниження енергоємності продукції, то в бюджетній сфері стимулювати економію енергоресурсів значно складніше [8].

В умовах постійного зростання цін на основні види енергоресурсів, особливої актуальності набувають питання енергозбереження та підвищення енергоефективності в закладах та установах, що фінансуються з міського бюджету [8].

Актуальність проблеми енергозбереження для будівель бюджетних організацій, з одного боку, обумовлена соціальною значущістю цих об'єктів, з іншого боку, марнотратне споживання енергії та відсутність системного підходу до реалізації енергозберігаючих заходів є одними з основних причин дефіциту бюджетів усіх рівнів. Зважаючи на те, що останнім часом нові об'єкти бюджетної сфери в експлуатацію майже не вводяться, основні резерви енергозбереження знаходяться у сфері вдосконалення енергоспоживання раніше побудованих будівель бюджетних установ і економія паливно-енергетичних ресурсів в закладах бюджетної сфери зростає пропорційно виділенню на ці цілі коштів [8].

Слід відмітити, що для більшості освітніх закладів, до основних функцій яких належить забезпечення навчально-виховного процесу, енергоефективність – це не лише спосіб заощаджувати бюджетні ресурси і кошти галузі, а й спосіб покращити здоров'я вихованців та учнів навчальних закладів, що відповідним чином впливає на повноту та якість одержаної ними освіти [8].

#### 3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.1.1 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій - стін

Значна частина теплових втрат будівлі відбувається через її огорожувальні конструкції, а саме через стіни, які становлять більшу частину цих конструкцій. Тому додаткове утеплення стін спеціалізованими матеріалами може суттєво скоротити загальне споживання теплової енергії будівлею, що призведе до зменшення потужності опалення та відповідно витрат на оплату теплової енергії.

Для забезпечення необхідного (нормованого) значення теплопередачі  $4,00 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  пропонується наведений нижче теплоізоляційний матеріал.

Ліс Ceramic - хідка теплоізоляція. яку спеціалісти також називають керамічна або надтонка теплоізоляція - це теплоізоляційний матеріал нового покоління. Принцип дії рідкої теплоізоляції - це найтонше покриття, що має унікальні теплоізоляційні, антикорозійні та гідроізоляційні властивості [9].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{ут.ст}} = (R_{q \text{ min}} - R_{\Sigma \text{ прст}}) \cdot \lambda_{\text{ут}}, \text{ м} \quad (3.1)$$

де  $\lambda_{\text{ут}} = 0,001 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  – теплопровідність ізолюючого матеріалу [9].

$R_{q \text{ min}}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить  $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  [6].

$$\delta_{\text{ут.ст}} = (4,0 - 0,83) \cdot 0,001 = 0,00317 \text{ м}$$

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

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

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{ст}}^{\text{із}} = \frac{1314,72}{4,00} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 15199,28 \text{ Вт}$$

Різницю між втратами тепла через не утеплені стіни і утеплені розрахуємо по формулі:

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

$$\Delta Q_{\text{ст}} = 72864 - 15199,28 = 57664,72 \text{ Вт}$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період (для м. Суми складає 187 діб) по формулі [10]:

$$Q_{\text{ст}}^{\text{рік}} = \Delta Q_{\text{ст}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{ст}}^{\text{рік}} = 57,6 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 125882,55 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} \approx 108,3 \text{ Гкал}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 108 \cdot 1654,41 = 178676,28 \text{ грн/рік}$$

Теплоізоляційне покриття «Lіc Ceramic» (рідкий утеплювач) поставляється у пластиковій тарі ємністю 10 літрів, які розраховані на створення 25 м<sup>2</sup> утепленої поверхні. Загальна площа огороджувальних конструкцій становить F<sub>ст</sub>=1314,72 м<sup>2</sup>, тоді для створення теплоізоляційного шару на поверхні огороджувальних конструкцій будівлі необхідно 53 упаковок теплоізоляції. Вартість однієї упаковки становить 3000 грн [9].

Порахуємо витрати на введення в експлуатацію.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Орієнтовну загальну суму капітальних витрат для впровадження пропонованого заходу порахуємо за формулою:

$$K = K_{\text{ТОВ}} + K_{\text{М}} \quad (3.5)$$

де  $K_{\text{ТОВ}}$  – придбання теплоізоляційного матеріалу, грн.;

$K_{\text{М}}$  - вартість робіт на монтаж одиниці продукції (візьмемо 50% від вартості матеріалу), грн.

$$K_{\text{ТОВ}} = 53 \cdot 3000 = 159000 \text{ грн}$$

$$K_{\text{М}} = 159000 \cdot 0,5 = 79500 \text{ грн}$$

$$K_1 = 159000 + 79500 = 238500 \text{ грн}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E} \quad (3.6)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{238500}{178676,28} = 1,3 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методику розрахунку наведено в [11].

Цей захід спрямований на зменшення тепловитрат крізь зовнішні огорожуючі конструкції – стіни, шляхом їх утеплення.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз утеплення стін будинку.

Капітальні витрати на впровадження заходу будуть складати  $K = 238500$  грн.

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

Після утеплення зовнішніх стін економія тепловтрат у грошовому еквіваленті становитиме 178676,28 грн/рік.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергоощадного заходу дисконтним методом [11].

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули [11, (3.11)]:

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (3.7)$$

де  $P_t$  – чистий грошовий потік (грошові надходження) у році  $t$ ;

$I_0$  – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

$r$  – дисконтна ставка, що використовується для приведення доходів та інвестиційних витрат до єдиного моменту часу (виражається у частках одиниць);

$t_n$  – момент отримання першого доходу;

$T$  – термін реалізації (життєвий цикл) інвестиційного проекту, років.

Для подальшого аналізу складемо таблицю 3.1. Ставку дисконту візьмемо на рівні 14 % (0,14).

Таблиця 3.1 - Оцінка NPV

Рік	Інвестиції $I$ (капітальні витрати), грн	чистий грошовий потік, $P_t$ , грн	Вигоди Д (дохід), грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-238500		-238500	1	-	-238500
1	0	178676,28	-59723,720	0,877	156821,298	-81678,702
2	0	178676,28	119052,560	0,769	137562,542	55883,841
3	0	178676,28	297828,840	0,675	120668,897	176552,737
4	0	178676,28	476605,120	0,592	105849,909	282402,647
5	0	178676,28	655381,400	0,519	92850,798	375253,445
6	0	178676,28	834157,680	0,456	81448,068	456701,513
7	0	178676,28	1012933,960	0,400	71445,674	528147,187

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Продовження таблиці 3.1

8	0	178676,28	1191710,240	0,351	62671,644	590818,830
9	0	178676,28	1370486,520	0,308	54975,126	645793,956
10	0	178676,28	1549262,800	0,270	48223,795	694017,751
	IRR	75%			932517,751	

$$NPV = 932517,751 - 238500 = 694017,751 \text{ грн}$$

У даному випадку  $NPV > 0$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є прибутковим. З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також із таблиці 3.1 видно, що в абсолютних величинах проект окупається за 1 рік, і з урахуванням дисконтної ставки за 1 роки. Чистий дохід проекту становить 932517,751 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 694017,751 грн.

Індекс дохідності  $PI$  розраховуємо :

$$PI = \frac{932517,751}{694017,751} = 1,3$$

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

Розрахунок  $IRR$  у програмі Microsoft Excel проводиться у такій послідовності (табл. 3.2).

1. У клітинку A1 заносимо величину інвестицій.
2. У клітинки A2 – A11 заносимо розмір чистого грошового потоку у кожному році за весь життєвий цикл проекту.
3. У клітинку A12 заносимо формулу =  $IRR(A1 : A11)$ .
4. Отримуємо результат – 75 %.

Таблиця 3.2 – Оцінка *IRR* (фрагмент таблиці Microsoft Excel)

	A
1	2
1	-238500
2	178676,28
3	178676,28
...	...
10	178676,28
11	178676,28
Формула	= IRR(A1 : A11)
Результат	75 %

$IRR > r$ , тобто *IRR* перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Проект можна прийняти до впровадження.

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 1 + \frac{238500 - 156821,298}{137562,542} = 1,6 \text{ року}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	238500

Продовження таблиці 3.3

2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Річна економія, грн	178676,28
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	694017,751
3.3	Індекс дохідності	1,3
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	75
3.5	Дисконтований термін окупності, років	1,6

Цей енергоощадний захід є ефективним, оскільки  $NPV > 0$ . Отже, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект має значний інвестиційний потенціал, що з високою ймовірністю гарантує значні фінансові вигоди.

### 3.1.2 Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції

Аналіз теплового енергетичного балансу показує, що найбільша частка споживання тепла (54%) йде на вентиляцію будівлі. Тому встановлення рекуператора тепла дозволяє істотно знизити витрати на теплову енергію та зменшити компенсацію за спожиту теплову енергію.

Опис можливостей з енергозбереження: Необхідно встановити пластинчастий рекуператор Вентс ПР 150 П-G4, який зображено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Пластинчастий рекуператор

Особливості пластинчастого рекуператора Вентс ПР 150 П-G4 [13]:

- Тепло та шумоізолюваний антикорозійний корпус;
  - Високоєфективний рекуператор перехресного типу із полістиролу або алюмінію;
  - Ефективність рекуперації – до 75%;
  - Вбудовані фільтри G4 для фільтрації припливного та витяжного повітря;
- Компактні розміри та мала вага.

Масова втрата повітря, яке проходить через рекуператор визначається за формулою [12]:

$$G_{\text{рекуп}} = V_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{с}} \cdot k_{\text{q}}, \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (3.8)$$

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

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

$k_{\text{q}}$  – коефіцієнт тепловтрати, приймаємо  $k_{\text{q}} = 0,4$ .

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\text{рекуп}} = 8723 \cdot 1,3 \cdot 0,4 = 4535,96, \frac{\text{КГ}}{\text{С}}$$

Масова витрата повітря, яке проходить через вентиляцію визначається за формулою [12]:

$$G_{\text{вент}} = V_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{с}} \cdot q, \frac{\text{КГ}}{\text{С}} \quad (3.9)$$

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

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

$q$  – коефіцієнт відносної витрати повітря, приймаємо  $q = 0,35$ .

$$G_{\text{вент}} = 8723 \cdot 1,3 \cdot 0,35 = 3968,97 \frac{\text{КГ}}{\text{С}}$$

Середню температуру повітря розраховуємо за формулою [12]:

$$t_{\text{ср}} = \frac{G_{\text{рекуп}} \cdot t_{\text{ср.оп}} + G_{\text{вент}} \cdot t_{\text{в}}}{G_{\text{рекуп}} + G_{\text{вент}}}, \text{ } ^\circ\text{С} \quad (3.10)$$

$$t_{\text{ср}} = \frac{4535,96 \cdot (-1,4) + 3968,97 \cdot 21}{4535,96 + 3968,97} \approx 9 \text{ } ^\circ\text{С}$$

Розраховуємо втрати теплоти на вентиляцію після встановлення рекуператора теплоти за формулою (2.14):

$$Q_{\text{рекуп}} = 0,28 \cdot 8723 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (21 - 9) \cdot 1,9 \cdot 0,85 = 61842,5 \text{ Вт}$$

Різницю між втратами через вентиляцію і встановленим рекуператором знаходимо по формулі:

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q_B = Q_B - Q_{\text{рекуп}}, \text{ Вт} \quad (3.11)$$

$$\Delta Q_B = 237062,95 - 61842,5 = 175220,45 \text{ Вт}$$

Річна економія теплоти після встановлення рекуператора [12] (3.4):

$$Q_{\text{рекуп}}^{\text{рік}} = 175,2 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 382892,74 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} \approx 329,3 \text{ Гкал}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 329 \cdot 1654,41 = 544300,89 \text{ грн/рік}$$

Пластинчастий рекуператор Вентс ПР 150 П-G4 розрахований на приміщення об'ємом до 150 м<sup>3</sup>. Об'єм обстежуваної будівлі становить 8723 м<sup>3</sup>, тоді щоб знизити витрати на теплову енергію та зменшити компенсацію за спожиту теплову енергію необхідно встановити 58 рекуператорів.

Вартість одного становить 8200 грн [13].

Орієнтовну загальну суму капітальних витрат для впровадження пропонованого заходу порахуємо за формулою (3.5):

$$K_{\text{осн}} = 58 \cdot 8200 = 475600 \text{ грн}$$

$$K_{\text{м}} = 58 \cdot 1500 = 87000 \text{ грн}$$

$$K_2 = 475600 + 87000 = 562600 \text{ грн}$$

Визначаємо термін окупності (3.6):

$$T_{\text{ок}} = \frac{562600}{544300,89} \approx 1 \text{ рік}$$

					Арк.
					46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Методика розрахунку наведено в [11].

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 3.1.1. Результати занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	562600
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Річна економія, грн	544300,89
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	2276536,4
3.3	Індекс дохідності	1,3
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	97
3.5	Дисконтований термін окупності, років	1,2

Проект має значний інвестиційний потенціал, що з високою ймовірністю гарантує значні фінансові вигоди.

### 3.1.3 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій - підлоги

Втрати теплоти через підлогу займають 18% втрат тепла. Відбувається завдяки відсутності гідроізоляції та теплоізоляції підлоги, волога піднімається по конструкціях фундаменту, виступаючих зі стіни бетонних плит балконів, терас, бетонних стяжок (що не теплоізолювані і впираються у бетонний фундамент) [11].

					Арк.
					47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Для утеплення підлоги, яка складається з залізобетонної плити товщиною 0,2 м, розчину цементно-піщаної товщиною 0,05 м та ПВХ лінолеуму товщиною 0,003 м пропонується базальтовою ватою BauGut Universell, теплопровідністю 0,039 Вт/(м<sup>2</sup> · К) [14].

Розрахунок товщини теплоізоляції проводиться за формулою (3.1):

$$\delta_{\text{ут.підл}} = (3,75 - 0,44) \cdot 0,039 = 0,129 \text{ м}$$

Розрахуємо втрати через підлогу після ізоляції по формулі (3.2):

$$Q_{\text{підл}}^{\text{із}} = \frac{750,75}{3,75} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 9209,2 \text{ Вт}$$

Різницю між втратами тепла через не утеплену підлогу та утеплену розрахуємо по формулі (3.3):

$$\Delta Q_{\text{підл}} = 78487,5 - 9209,2 = 69278,3 \text{ Вт}$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період (для м. Суми складає 187 діб) по формулі (3.4):

$$Q_{\text{підл}}^{\text{рік}} = 69,3 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 151452,44 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} \approx 130,3 \text{ Гкал}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 130 \cdot 1654,41 = 215073,3 \text{ грн/рік}$$

						Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Базальтова вата BauGut Universell - це природний мінеральний теплоізоляційний матеріал, виготовлений із вулканічної породи [14].

В одній упаковці площа 2,88 м<sup>2</sup>. Загальна площа підлоги становить  $F_{\text{підл}}=750,75$  м<sup>2</sup>, тоді для створення теплоізоляційного шару на підлозі необхідно 260 упаковки теплоізоляції. Вартість однієї упаковки становить 550 грн.

Орієнтовну загальну суму капітальних витрат для впровадження пропонованого заходу порахуємо за формулою (3.5):

$$K_{\text{підл}} = 260 \cdot 550 = 143000 \text{ грн}$$

$$K_{\text{м}} = 143000 \cdot 0,5 = 71500 \text{ грн}$$

$$K_{\text{з}} = 143000 + 71500 = 214500 \text{ грн}$$

Визначаємо термін окупності (3.6):

$$T_{\text{ок}} = \frac{214500}{215073,3} \approx 1 \text{ рік}$$

Методика розрахунку наведено в [11].

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 3.1.1. Результати занесемо до таблиці 3.5.

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	214500
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Річна економія, грн	215073,3
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	907347,2
3.3	Індекс дохідності	1,2
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	100
3.5	Дисконтований термін окупності, років	1,1

Проект має значний інвестиційний потенціал, що з високою ймовірністю гарантує значні фінансові вигоди.

### 3.2 Висновки за розділом

У третьому розділі було запропоновано і описано 3 заходи з енергозбереження: утеплення стін, встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції та утеплення підлоги.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра був виконаний аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі Комунального закладу Сумського обласного інституту післядипомної педагогічної освіти та розроблення заходів з енергозбереження..

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» після проведення візуального обстеження описано дійсний стан будівлі та енергетичних систем. Виконано опис приладів обліку тепло-, енерго-, водопостачання.

У розділі «КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» виконано аналіз обсягів споживання теплоенергії, електроенергії та холодної води. Наведено основні положення методики розрахункового аналізу опору теплопередачі, тепловтрат, теплонадходжень, теплової потужності всієї будівлі та представлення результатів розрахунку. Також був визначений клас енергоефективності об'єкту.

У розділі «ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» описано запропоновані енергозберігаючі заходи:

1) Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій - стіни (інвестиції на впровадження заходу складають – 238500 грн; економія в грошовому еквіваленті – 178676,28 грн; термін окупності заходу – 1,3 роки, дисконтований термін окупності – 1,6 року);

2) Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 562600 грн; економія в грошовому еквіваленті – 544300,89 грн; термін окупності заходу – 1 рік, дисконтований термін окупності – 1,2 року);

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій – підлоги (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 214500 грн; економія в грошовому еквіваленті – 215073,3 грн; термін окупності заходу – 1 рік, дисконтований термін окупності – 1,1 рік);

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лічильник теплоенергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://elmisto.com.ua/ua/p1098461661-ultrazvukovoj-teploschetchik-qalco.html>
2. Лічильник електроенергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://nik.net.ua/product/nik-2301-new-1>
3. Лічильник води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://meter24.com.ua/schetchiki-vody/sensus/420pc-mokrohod-klass-s/schetchik-vody-sensus-420pc-dn-20>
4. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11 липня 2018 року № 169 “Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель”, зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 16 липня 2018 р. за № 822/32274 [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#n123>
5. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 22 с.
6. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014
7. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 21 листопада 2020 року №260 «Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель», зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 18 грудня 2020 р. за №1257/35540 [електронний ресурс] Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text>
8. Підвищення енергоефективності в будівлях навчальних закладів [електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.mvk.if.ua/kperozv/32062>

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Теплоізоляційне покриття «Lic Ceramic» [електронний ресурс] Режим доступу: <https://ecopol.com.ua/katalog/teploizolyacziya/ridka-izolyacziya/teploizolyaczijna-farba-lic-ceramic-vidro-10l>

10. КТМ 204 України 244-94. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. – Київ, 2001 р.

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

12. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію під час впровадження енергозбережних заходів» із дисципліни «Енергозбереження будівель і споруд»/ укладачі: С.С.Антоненко, В.М.Козін, Е.В.Колісніченко.– Суми: Сумський державний університет, 2015. – 50с.

13. Пластинчастий рекуператор Вентс ПР 150 П-G4 [електронний ресурс] Режим доступу: [https://moystroy.com.ua/product/plastynchastyj-rekuperator-vents-pr-150-p-g4/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=VG\\_Pmax\\_Brand\\_Vents&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjw6uWyBhD1ARIsAIMcADpXfCYzwaK46TSrbr75qf7yqUbJOnA0Jk5kXvK7HfvsJYyXLZa0YpQaAv3OEALw\\_wcB](https://moystroy.com.ua/product/plastynchastyj-rekuperator-vents-pr-150-p-g4/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=VG_Pmax_Brand_Vents&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw6uWyBhD1ARIsAIMcADpXfCYzwaK46TSrbr75qf7yqUbJOnA0Jk5kXvK7HfvsJYyXLZa0YpQaAv3OEALw_wcB)

14. Базальтова вата BauGut Universell [електронний ресурс] Режим доступу: <https://epicentrk.ua/shop/bazaltovaya-vata-baugut-universell-30-100-mm-2-88-kv-m.html>

15. Види та порядок проведення інструктажів з охорони праці [електронний ресурс] Режим посилання: <https://oppb.com.ua/news/vydy-ta-poryadok-provedennya-instrukтажiv-z-ohorony-praci>

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ДОДАТОК А

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Навчання працівників безпечних способів праці. Зміст та види інструктажів, хто і коли їх проводить

Навчання працівників безпечним методам праці включає проведення різних видів інструктажів, які докладно пояснюють процедури та правила безпеки, а також дії у надзвичайних ситуаціях.

Інструктажі з охорони праці — один із найбільш ефективних видів навчання з питань безпечного виконання робіт.

Працівники, під час прийняття на роботу та періодично, повинні проходити на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

#### Види інструктажів з охорони праці [15]

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці або іншим фахівцем відповідно до наказу (розпорядження) по підприємству, який в установленому Типовим положенням порядку пройшов навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в Журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці, який зберігається службою охорони праці або працівником, що відповідає за проведення вступного

інструктажу, а також у наказі про прийняття працівника на роботу. Журнал реєстрації вступного інструктажу є документом постійного зберігання.

Первинний інструктаж проводиться з працівником до початку роботи безпосередньо на робочому місці.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці індивідуально з кожним працівником або групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу. Повторний інструктаж проводиться в терміни, визначені нормативно-правовими актами з охорони праці, не рідше:

- на роботах з підвищеною небезпекою — 1 раз на 3 місяці;
- для решти робіт — 1 раз на 6 місяців.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативно-правових актів з охорони праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;

- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на стан охорони праці;

- при порушенні працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що призвели до травм, аварій, пожеж тощо;

- при перерві в роботі виконавця робіт більш ніж на 30 календарних днів — для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт — понад 60 днів.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками:

- при ліквідації аварії або стихійного лиха;
- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформлюються наряд-допуск, наказ або розпорядження.

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередній керівник робіт (начальник структурного підрозділу, майстер) або фізична особа, яка використовує найману працю.



Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі завершуються перевіркою знань у вигляді усного опитування або за допомогою технічних засобів, а також перевіркою набутих навичок безпечних методів праці, особою, яка проводила інструктаж.

Про проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів особа, яка проводила інструктаж, вносить запис до Журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці.

### Форма проведення інструктажу [15]

Роботодавець у виборі форми проведення інструктажу абсолютно не обмежений законодавчим полем. Інструктаж може бути індивідуальним або груповим, тобто проводиться окремо з одним працівником або ж із групою працівників.

Інструктаж може відбуватися у вигляді:

- співбесіди;
- лекції;
- самостійного вивчення працівником відповідних розділів місцевих інструкцій або ж правил, передбачених програмою відповідного інструктажу;
- перегляду навчальних фільмів, презентацій.

Інструктаж проводиться, як правило, в спеціально обладнаному для цього приміщенні, з використанням сучасних технічних засобів навчання, навчальних та наочних посібників за програмою, розробленою з урахуванням особливостей виробництва. З цією метою на підприємствах створюються куточки або навіть кабінети охорони праці.

Інструктажі проводяться згідно з темами, що заздалегідь розробляються і затверджуються у вигляді відповідних програм на основі чинних на підприємстві, в установі чи організації інструкцій. Програма та тривалість інструктажу

затверджуються керівником підприємства. По закінченні інструктажу проводиться усне опитування осіб щодо засвоєння викладеного матеріалу.

#### Перелік загальних питань вступного інструктажу [15]

Перелік загальних питань вступного інструктажу, які повинна містити програма, передбачений у НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», а саме:

- Загальні відомості про підприємство, організацію, особливості виробництва.
- Основні положення законодавства про охорону праці.
- Трудовий договір, робочий час і час відпочинку, охорона праці жінок і осіб молодше 18 років. Пільги та компенсації.
- Правила внутрішнього трудового розпорядку підприємства, організації, відповідальність за порушення правил.
- Організація роботи з охорони праці на підприємстві. Відомчий, державний нагляд та громадський контроль за станом охорони праці.
- Загальні правила поведінки працюючих на території підприємства, у виробничих та допоміжних приміщеннях. Розташування основних цехів, служб, допоміжних приміщень.
- Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для даного виробництва. Методи і засоби попередження нещасних випадків та професійних захворювань. Основні вимоги щодо попередження електротравматизму.
- Основні вимоги виробничої санітарії та особистої гігієни.
- Засоби індивідуального захисту. Порядок і норми видачі ЗІЗ, строки носіння.
- Обставини та причини окремих характерних нещасних випадків, аварій, пожеж, що сталися на підприємстві та інших аналогічних виробництвах через порушення вимог безпеки.

- Порядок розслідування та оформлення нещасних випадків і професійних захворювань.
- Пожежна безпека. Способи та засоби запобігання пожежам, вибухам, аваріям. Дії персоналу при їх виникненні.
- Домедична допомога потерпілим. Дії при виникненні нещасного випадку на ділянці, в цеху.