

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)

_____ 20__ 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
гуртожитку Машинобудівного коледжу СумДУ та розроблення заходів з енергозбереження

Здобувача(ки) групи _____ Б. О. Яхненко _____
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

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

_____ Б. О. Яхненко _____
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник к.т.н. доц. Сергій Сапожніков _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Суми 2024

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 52 сторінки, 7 рисунків, 8 таблиць, 1 додаток, 18 літературних джерел.

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

Метою роботи є: Розроблення заходів з енергозбереження для покращення енергозабезпечення будівлі гуртожитку учбового 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 гуртожитку учбового закладу.

Об'єкт дослідження: будівля гуртожитку Машинобудівного коледжу СумДУ та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, ІНДИВІДУАЛЬНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПУНКТ, ВІКНА, ОХОРОНА ПРАЦІ.

Тема роботи: «Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі гуртожитку Машинобудівного коледжу СумДУ та розроблення заходів з енергозбереження.».

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	6
1.1 Загальна характеристика будівлі.....	8
1.2 Опис дійсного стану будівлі.....	9
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання будівлі.....	10
1.3.1 Система опалення	10
1.3.2 Система освітлення.....	11
1.3.3 Система водопостачання.....	11
1.3.4 Система обліку споживання енергоносіїв.....	11
1.3.5 Система вентиляції.....	14
1.4 Висновки за розділом.....	15
2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	16
2.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії	16
2.2 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії	17
2.3 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання	19
2.3.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	19
2.3.2 Розрахунок тепловтрат.....	22
2.3.3 Розрахунок теплонадходжень.....	27
2.3.4 Розрахунок теплової потужності всієї будівлі.....	29
2.4 Висновки за розділом.....	31
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	32
3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження.....	33

					6.144.04 ВР 00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі гуртожитку Машинобудівного коледжу СумДУ та розроблення заходів з енергозбереження.	Лист.	Лист	Листів
Розробив	Яхненко							
Перевірив	Сапожніков						4	53
Реценз.						СумДУ ЕМ-01/2		
Н. Контр.	Сапожніков							
Затверд.								

3.1.1 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій.....	33
3.1.2 Встановлення індивідуального теплового пункту.....	40
3.1.3 Заміна старих дерев'яних вікон на нові енергозберігаючі з двокамерним склопакетом.....	42
3.2 Висновки за розділом.....	44
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
ДОДАТОК А.....	50

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

ВСТУП

Сучасний світ зіткнувся з вичерпністю енергетичних ресурсів та негативним впливом енергетичної діяльності на довкілля. В цих умовах питання енергоефективності стає одним з пріоритетних напрямків розвитку економіки та соціальної сфери.

Україна належить до країн Європи, які відчують значну залежність від зовнішніх постачальників енергії. Цей фактор зумовлюється не лише дефіцитом власних енергоресурсів, а й нераціональним їх використанням. Така ситуація несе пряму загрозу національним інтересам держави. Тому в умовах поглиблення енергетичної кризи в країні, вирішення питань енергозбереження та підвищення енергоефективності виходить на перший план.

Зростання цін на енергоносії, обумовлене геополітичною нестабільністю та обмеженістю ресурсів, робить питання економії енергії все більш актуальним для України. Нераціональне використання енергії призводить до збільшення викидів парникових газів, що негативно впливає на довкілля та сприяє погіршенню стану екосистеми.

Впровадження заходів з енергозбереження та підвищення енергоефективності може суттєво зменшити залежність України від імпорту енергоносіїв, знизити витрати на енергоспоживання та покращити екологічну ситуацію. Це дозволить не лише зміцнити енергетичну безпеку країни, але й зробити її економіку більш стійкою та конкурентоспроможною.

Важливу роль у справі енергозбереження відіграють навчальні заклади, адже вони споживають значну кількість енергетичних ресурсів. Одним з таких закладів є Машинобудівний коледж СумДУ, який володіє власним гуртожитком.

Метою роботи є Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі гуртожитку Машинобудівного коледжу СумДУ та розроблення заходів з енергозбереження.

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

Об'єктом дослідження є будівля багатоповерхового гуртожитку та її системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження є енергоефективність функціонування систем цієї будівлі та шляхи її підвищення.

						Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальна характеристика будівлі

Об'єктом обстеження є гуртожиток навчального закладу Машинобудівного фахового коледжу СумДУ (ВСП МФК СумДУ), що знаходиться за адресою м.Суми, пр. Т.Шевченка, 15 (рис 1.1)



Рисунок 1.1 – Гуртожиток ВСП МФК СумДУ

Технічні характеристики будівлі:

Загальна площа, м² – 3987.

Загальний об'єм, м³ – 11040.

Опалювальна площа, м² – 3987.

Опалювальний об'єм, м³ – 11040.

Опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами, м³ – 11738.

Кількість поверхів – 4.

Рік введення в експлуатацію – 1965.

Кількість під'їздів або входів – 2.

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

Постачання теплової енергії до будівлі здійснюється від систем централізованого опалення, за договором з ТОВ «Сумитеплоенерго».

Подача холодної води до гуртожитку здійснюється централізовано, від КП «Міськводоканал» СМР.

Забезпечення будівлі електроенергією здійснюється від ТОВ «Енера Суми».

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Зовнішні стіни виконані з звичайної глиняної цегли на цементно-піщаному розчині 510 мм, поштукатурені з середини цементним розчином товщиною 30 мм. На момент проведення обстеження явних пошкоджень зовнішніх стін виявлено не було.

Двері з головного входу - дерев'яні, з запасного – металеві. На момент проведення обстеження явних пошкоджень дверей не було виявлено.

Усі вікна будівлі – дерев'яні рами з подвійним склінням. На момент проведення обстеження явних пошкоджень не було виявлено.

Будівля має неопалювальне горище. Горищне перекриття виконане монолітною залізобетонною плитою 320 мм, цементно-піщаним розчином 30 мм, крівля шиферна по утепленому покриттю 80 мм. На момент проведення обстеження явних пошкоджень горищного перекриття чи покрівлі виявлено не було.

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

1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання будівлі

1.3.1 Система опалення

Теплозабезпечення здійснюється централізованою системою теплопостачання, підведення комунікацій здійснюється у тепловому пункті, який знаходиться у підвальному приміщенні гуртожитку (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Тепловий пункт гуртожитку

Система опалення однотрубна з верхньою розводкою, за напрямом з'єднання опалювальних приладів – вертикальна, з штучною циркуляцією теплоносія. Гідравлічна система залежна, нерегульована. Трубопроводи виконані переважно із сталі та частково утеплені в неопалюваних приміщеннях будинку. Радіатори чавунні МС-140, встановлені біля зовнішніх стін будівлі під віконними отворами.

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

1.3.2 Система освітлення

Освітлення будівлі здійснюється трьома типами ламп : розжарювання, світлодіодними та люмінесцентними світильниками. Більша частка припадає лампи розжарювання – 62% від загальної кількості.

У будівлі налічується 480 ламп освітлення, із них : 249 шт. – це лампи розжарення по 75 Вт, зі світловим потоком 12 Лм/Вт, 46 шт. – по 100 Вт з світловим потоком 13 Лм/Вт, 60 шт. – лампи світлодіодні потужністю 10 Вт, 30 шт. – лампи світлодіодні потужністю 12 Вт, 60 шт. – лампи люмінесцентні потужністю 36 Вт, та 35 шт. – лампи енергозберігаючі компактні потужністю 20 Вт.

Окремого лічильника для ведення обліку споживання електроенергії на потреби освітлення не передбачено.

1.3.3 Система водопостачання

Подача холодної води до гуртожитку здійснюється централізовано. Гаряче водопостачання відсутнє, для забезпечення гуртожитку гарячою водою на кухнях та в туалетах встановлені електричні бойлери Atlantic STEATITE VM 100 D400-2-BC, об'ємом 100л та з потужністю нагрівального елемента – 1500 Вт.

1.3.4 Система обліку споживання енергоносіїв

Облік теплоенергії здійснюється лічильником типу SENSUS «PolluTherm –X» (рис. 1.3).

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



Рисунок 1.3 – Лічильник теплоенергії

Технічні характеристики лічильника:

Вимірювальний діапазон температур – 1...180 °С.

Тип виміру – ультразвуковий.

Номинальний діаметр – Ду 15 – Ду 40 мм.

Клас точності – 2.

Матеріал корпусу – латунь.

Тип підключення – різьбове.

Облік спожитої електроенергії здійснюється одним лічильником типу НІК 2303L (рис. 1.4).

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



Рисунок 1.4 – Лічильник електроенергії

Технічні характеристики лічильника:

Кількість фаз – трифазний.

Тип підключення – трансформаторне.

Номинальний і максимальний струм – 5 (10) В.

Номинальна напруга – 3x220/380 В.

Номинальна частота – 50 Гц.

Облік споживання холодної води здійснюється лічильником
MT DN25 (рис. 1.5)

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



Рисунок 1.5 – Лічильник води

Характеристики лічильника:

Номінальний діаметр – 25 мм.

Максимальний тиск – 1,6 МПа.

Температурний клас – 30 °С.

Монтажна довжина – 260 мм.

Діапазон температур – від +0,1°С до + 30°С.

1.3.5 Система вентиляції

Проектом даної будівлі передбачене використання механічної припливно-витяжної вентиляції, з двигуном потужністю 5 кВт, яка забезпечує надходження свіжого повітря. Але через відсутність вчасного технічного обслуговування, наразі вентиляція не функціонує, через що гуртожиток використовує метод природної вентиляції.

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

1.4 Висновки за розділом

Під час першої стадії були зібрані дані по загальній характеристиці об'єкту, та був зроблений опис дійсного стану будівлі, систем тепло-, енерго-, водопостачання, та системи вентиляції.

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

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

2.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії

Обсяг споживання теплової енергії гуртожитком за 2021 – 2023 роки наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Кількість теплової енергії, спожитої за 2021 – 2023 роки

Місяць	Рік		
	2021	2022	2023
	Гкал	Гкал	Гкал
Січень	93,08	86,14	76,11
Лютий	76,21	51,06	49,38
Березень	34,09	27,65	27,84
Квітень	–	–	–
Травень	–	–	–
Червень	–	–	–
Липень	–	–	–
Серпень	–	–	–
Вересень	–	–	–
Жовтень	–	–	–
Листопад	37,11	25,59	23,013
Грудень	77,16	38,98	35,735
Всього	317,65	229,42	212,078

На рисунку 2.1 приведена динаміка споживання теплової енергії будівлею за 2021 – 2023 рр.

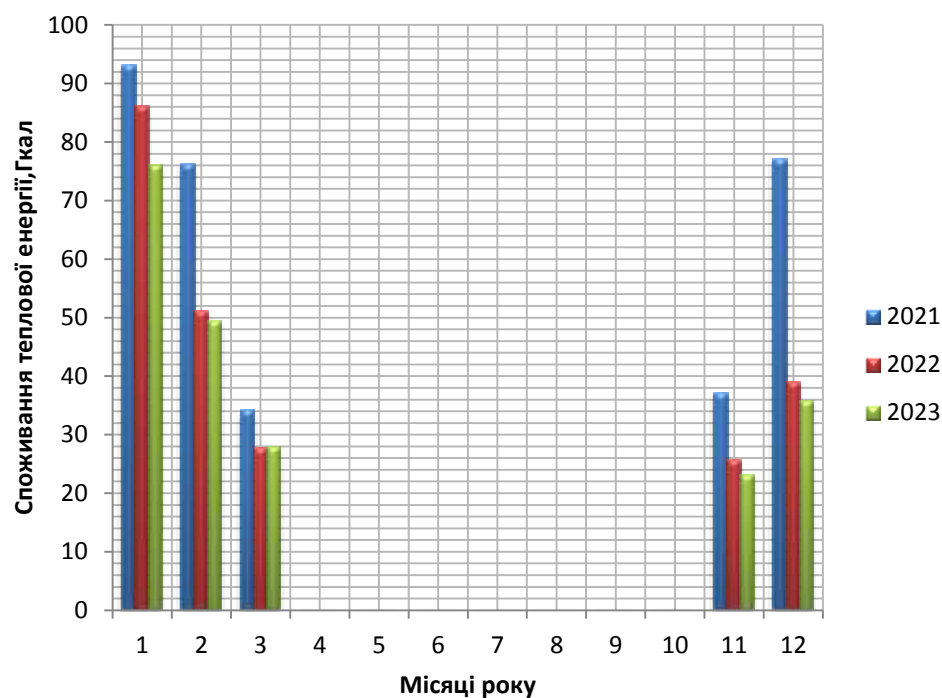


Рисунок 2.1 – Діаграма споживання теплової енергії за 2021-2023 роки

Пік споживання тепла для опалення припадає на зимові місяці – грудень, січень та лютий, а найнижчі показники спостерігаються навесні (квітень) та восени (жовтень). Ця нерівномірність зумовлена сезонними коливаннями температур та недоліками в керуванні системою тепlopостачання будівлі.

2.2 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

Щоб об'єктивно оцінити ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі, необхідно порівняти фактичні обсяги споживання з державними нормами.

Критерієм, за яким оцінюється енергетична ефективність житлових або громадських будівель в цілому чи їх відокремлених частин (за умови їх автономності) є виконання умови [6, п.4.2]:

$$EP_{\text{use}} \leq EP_{\text{p}}, \quad (2.1)$$

					Арк.
					17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

де EP_{use} – річне розрахункове або фактичне значення загального показника питомого енергоспоживання будівлі при опаленні;

EP_p – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [6, п.4.2].

З Розрахункове значення EP_{use} , кВт·год/м², [кВт·год/м³], для житлових будівель визначають за формулою:

$$EP_{use} = \frac{Q_{H,use}}{A_f}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (2.2)$$

де $Q_{H,use}$ – річне енергоспоживання будівлі при опаленні (за обліковими даними), кВт·год;

A_f – опалювальна площа для житлової будівлі, м².

Граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні для житлових будівель поверхівістю від 4 до 9, у першій температурній зоні становлять [8, додаток до мінімальних вимог енергетичної ефективності будівель]:

$$EP_p = 85 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^2} = 0,073 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^2}.$$

Згідно наданих облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення будівлі за опалювальні періоди становлять:

- за опалювальний період 2021 – 2022 рік – $Q_{оп} = 317,65$ Гкал;
- за опалювальний період 2022 – 2023 рік – $Q_{оп} = 229,42$ Гкал;
- за опалювальний період 2023 – 2024 рік – $Q_{оп} = 212,078$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за опалювальний період 2021 – 2022 рік – $EP_{use} = 0,08$ Гкал/м²;
- за опалювальний період 2022 – 2023 рік – $EP_{use} = 0,06$ Гкал/м²;
- за опалювальний період 2023 – 2024 рік – $EP_{use} = 0,05$ Гкал/м².

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Через ковідні обмеження, та нестабільну ситуацію в країні в наслідок воєнного положення, студенти не проживали в гуртожитку, в зв'язку з чим будівля майже не опалювалася в період 2022-2024 рік.

Тому, приймаємо значення показника енергоефективності будинку за опалювальний період 2021-2022 – $EP_{use} = 0,08$ Гкал/м².

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою [6, п. 4.5; 5, (51)]:

$$\frac{EP_{use} - EP_p}{EP_p} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\frac{0,08 - 0,073}{0,073} \cdot 100\% = 9,5\%$$

Згідно з [5, табл.1] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «D».

Це означає, що будівля не відповідає нормативним вимогам щодо енергоефективності, і потребує введення заходів з енергозбереження.

2.3 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

2.3.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, м²·К/Вт повинний бути не менше від потрібних значень $R_{q min}$, що визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних і комфортних умов та умов енергозбереження [7, с.12].

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [7, с.12];

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [7, 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. [7, с.13]

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою [7, (1.4)]:

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

де δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, що беруть згідно з [7, табл.15 (додаток Б)];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.4) розраховується за формулою [7, (1.10)]:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_е} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_е} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_з} \quad (2.6)$$

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

де $\alpha_в, \alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К);

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно, Вт/(м·К), згідно з [7, табл.15 (додаток Б)];

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.5), м²·К/Вт; [11]

1. Стіни.

Кладка з силікатної цегли, товщиною 0,5 м, $\lambda_1=0,7$ Вт/(м*К);

Цементно-піщаний розчині 0,01м, $\lambda_2=0,7$ Вт/(м*К)

Цементно-піщана штукатурка товщиною 0,03 м, $\lambda_3=0,81$ Вт/(м*К)

$$R_{\Sigma пр}^{ст} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,92 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

2. Дах.

Стандартна залізобетонна плита товщиною 0,32 м, $\lambda_4 = 1,92$ Вт/(м*К),

Мати прошивні теплоізоляційні товщиною 0,1 м, $\lambda_5 = 0,045$ Вт/(м*К)

Руберойд товщиною 0,009 м з $\lambda_6 = 0,17$.

$$R_{\Sigma пр}^{дах} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,32}{1,92} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{0,009}{0,17} + \frac{1}{6} = 3,83 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

3. Вікна

Вікна одного типу – дерев'яні з подвійним склінням $R_{\Sigma пр}^в = 0,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$

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

4. Підлога

Стандартна залізобетонна плита товщиною 0,32 м, $\lambda_3 = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$,

Розчин цементно-піщаний товщиною 0,04 м, $\lambda_2 = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$,

Лінолеум товщиною 0,003 м з $\lambda_5 = 0,35 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{підл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,32}{1,92} + \frac{0,04}{0,7} + \frac{0,002}{0,35} + \frac{1}{6} = 0,51 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

5. Двері

В гуртожитку 2 типи дверей:

1) дерев'яні товщиною в 0,05 м, $\lambda_7 = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;

2) сталеві товщиною в 0,003 м, $\lambda_6 = 58 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

$$1) R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{д.дв}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,29} + \frac{1}{23} = 0,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$2) R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{ст.дв}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,003}{58} + \frac{1}{23} = 0,15 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

2.3.2 Розрахунок тепловтрат

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень обчислюються за формулою [7, (2.1)]:

$$\Sigma Q_{\text{втр}} = \Sigma Q_0 + \Sigma Q_{\text{д}} + \Sigma Q_{\text{інф}} + \Sigma Q_{\text{в}}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де ΣQ_0 – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі, Вт;

$\Sigma Q_{\text{д}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

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

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

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

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, стелі, світлові прорізи, двері, підлоги) визначаються за загальною формулою [7, (2.2)]:

$$Q_0 = \frac{F_{озр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.8)$$

де $F_{озр}$ – розрахункова площа непрозорої поверхні огорожувальної конструкції, м²;

$R_{\Sigma пр}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м²·°C/Вт;

$t_в, t_{з,р}$ – відповідно температури усередині приміщення [7, табл.2 (додаток Б)] і зовнішнього повітря [7, табл.8 (додаток Б)], °C;

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря [7, табл.12 (додаток Б)].

1. Тепловтрати крізь зовнішні стіни:

$$Q_{ст} = \frac{1419,53}{0,92} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 70976,5 \text{ Вт}$$

2. Тепловтрати крізь дах:

$$Q_{дах} = \frac{1054,11}{3,83} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 12660,32 \text{ Вт}$$

3. Тепловтрати крізь вікна:

$$Q_{вкн} = \frac{719,9}{0,2} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 165577 \text{ Вт}$$

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

4. Тепловтрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{підл}} = \frac{1054,11}{0,51} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 95077 \text{ Вт}$$

5. Тепловтрати крізь двері:

1) Металеві: $Q_{\text{м.дв}} = \frac{1,8}{0,15} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 552 \text{ Вт}$

2) Дерев'яні: $Q_{\text{д.дв}} = \frac{5,4}{0,33} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 752,72 \text{ Вт}$

Сумарні втрати теплоти крізь огорожувальні конструкції визначаються за формулою [7, (2.4)]

$$\sum Q_0 = \sum Q_{\text{ст}} + \sum Q_{\text{стл}} + \sum Q_{\text{вкн}} + \sum Q_{\text{з.д}} + \sum Q_{\text{ндл}}, \text{ Вт} \quad (2.9)$$

$$\sum Q_0 = 70976,5 + 12660,32 + 165577 + 95077 + 552 + 752,72 = 345595,54$$

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;

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

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

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

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. [7, с.28]

Додаткові тепловтрати крізь зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, розраховуються за формулою [7, (2.5)]:

$$\Sigma Q_{op}^o = \Sigma Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (2.10)$$

де ΣQ_{cm} – сумарні тепловтрати крізь зовнішні стіни приміщень, Вт;

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [7, с.28].

$$\Sigma Q_{op}^d = 70976,5 \cdot 0,13 = 9226,95 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати крізь неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами [7, (2.9)]:

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

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

$$\Sigma Q_{пдл}^d = 95077 \cdot 0,05 = 4753,9 \text{ Вт}$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти крізь огорожувальні конструкції:

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

$$\sum Q_{\partial} = \sum Q_{op}^{\partial} + \sum Q_{e}^{\partial} + \sum Q_{ndл}^{\partial}, \text{ Вт} \quad (2.12)$$

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

$\sum Q_{e}^{\partial}$ – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

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

$$\sum Q_{\partial} = 9226,95 + 4753,9 + 1419,53 = 15400,38 \text{ Вт}$$

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи визначаються за формулою [7, (2.14)].

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

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

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

$G_{н.вкн}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь нещільність віконного огороження [7, табл.13 (додаток Б)], $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

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

n_{e} – кількість однотипних вікон.

$$Q_{вкн}^{inf} = 0,28 \cdot 6 \cdot 719,9 \cdot 1,005 \cdot (21 - (-25)) = 55912,04 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

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

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

$$Q_6 = 0,28 \cdot V_{II} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_6 - t_{3,p}) \cdot n_k \cdot k_V, \text{ Вт} \quad (2.14)$$

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

t_6 і $t_{3,p}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, $^\circ\text{С}$;

V_{II} – внутрішній об'єм приміщення, м^3 ;

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

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год^{-1} (за умовою завдання);

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

$$Q_B = 0,28 \cdot 11040 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (21 - (-25)) \cdot 1,9 \cdot 0,85 = 300031,5 \text{ Вт}$$

2.3.3 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей розраховується за формулою [7, (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 гуртожитку працює 15 людей, серед них 4 чоловіки та 11 жінок. Кількість студентів проживаючих у гуртожитку – 50. Температура у будівлі $21 \text{ }^\circ\text{С}$.

$$Q_L = 4 \cdot 102 + 11 \cdot 102 \cdot 0,85 + 50 \cdot 102 \cdot 0,75 = 5187 \text{ Вт}$$

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

Теплонадходження від сонячної радіації розраховується за формулою [7, (3.5)]:

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{О.П}, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

де q_c, q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м² скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м² ($q_c=250$ Вт/м²; $q_T=100$ Вт/м²);

F_c, F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м²;

$k_{О.П}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ($k_{О.П}=0,6$).

$$Q_{рад} = 250 \cdot 118,69 \cdot 0,5 + 100 \cdot 246,13 \cdot 0,5 = 27142,8 \text{ Вт}$$

Теплонадходження від джерел освітлення розраховується за формулою [7, (3.4)]:

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_z, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

де N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову;

k_z – коефіцієнт завантаження освітлення;

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Лампи розжарювання:

– Потужністю 75 Вт: $Q_{осв} = 75 \cdot 0,95 \cdot 249 \cdot 8 = 141930$ Вт

– Потужністю 100 Вт: $Q_{осв} = 100 \cdot 0,95 \cdot 46 \cdot 8 = 34960$ Вт

Лампи світлодіодні:

– Потужністю 10 Вт: $Q_{осв} = 10 \cdot 0,63 \cdot 60 \cdot 8 = 3024$ Вт

– Потужністю 12 Вт: $Q_{осв} = 12 \cdot 0,63 \cdot 30 \cdot 8 = 1814,4$ Вт

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

Лампи люмінесцентні трубчасті:

– Потужністю 36 Вт: $Q_{осв} = 36 \cdot 0,63 \cdot 60 \cdot 8 = 10886,4$ Вт

Лампи енергозберігаючі компактні:

– Потужністю 20 Вт: $Q_{осв} = 20 \cdot 0,63 \cdot 35 \cdot 8 = 3528$ Вт

Загалом: $Q_{осв} = 141930 + 34960 + 3024 + 1814,4 + 10886,4 + 3528 = 196142,8$ Вт

Сумарні теплонадходження рахуються за формулою [7, (3.14)]

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

$$Q_{осв} = 196142,8 + 27142,8 + 5187 = 228472,6 \text{ Вт}$$

2.3.4 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 [7, с. 45]

Теплова потужність будівлі визначається за формулою [7, (3.16)]:

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

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

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

$$\Delta Q = 345595,54 - 228472,6 = 117122,94 \text{ Вт}$$

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

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій гуртожитку наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність λ_i , $\frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Кладка з цегли силікатної на цементно-піщаному розчині	0,5	0,7	0,92	4,0
		Цементно-піщаний розчин	0,01	0,7		
		Штукатурка	0,03	0,81		
2	Дах	Залізобетонна плита	0,32	1,92	3,83	5,35
		Мати теплоізоляційні	0,1	0,045		
		Руберойд	0,009	0,17		
3	Вікна	Дерев'яні з подвійним склінням	–	–	0,2	0,9
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,32	1,92	0,51	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		
		Лінолеум	0,003	0,35		
5	Вхідні двері	Дерев'яні	–	–	0,33	0,7
		Металеві	–	–	0,15	

Отримані результати ($R_{\Sigma пр} \ll R_{q \min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [7]. Даний факт свідчить про недостатню теплоізоляцію огорожувальних конструкцій, що потребує впровадження енергоефективних заходів для збільшення їх опору теплопередачі.

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків

Розрахункові дані		Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін, (м ² ·К)/Вт		0,92
Приведений опір теплопередачі для даху, (м ² ·К)/Вт		3,83
Приведений опір теплопередачі для дверей (дер./метал.), (м ² ·К)/Вт		0,33/0,15

Продовження таблиці 2.3

Приведений опір теплопередачі для вікон ($m^2 \cdot K$)/Вт	0,2
Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги, ($m^2 \cdot K$)/Вт	0,51
Втрати теплоти через стіни,Вт	70976,5
Втрати теплоти через дах,Вт	12660,32
Втрати теплоти через вікна,Вт	165577
Втрати теплоти через підлогу,Вт	95077
Втрати теплоти через двері, Вт	1304,72
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	55912,04
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	300031,5
Сумарні тепловтрати, Вт	345595,54
Теплонадходження від людей, Вт	5187
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	196142,8
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	27142,8
Сумарні теплонадходження,Вт	228472,6
Теплова потужність будівлі,Вт	117122,94

2.4 Висновки за розділом

У другому розділі було проведено аналіз споживання теплоенергії, та присвоєння будівлі класу енергоефективності.

Також було розраховано:

- приведений опір теплопередачі дійсних огорожуючих конструкцій
- тепловтрати
- теплонадходження
- тепла потужність всієї будівлі

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

Питання раціонального використання енергоресурсів у багатоповерхових житлових будівлях є актуальним як для вже існуючих будівель так і для будівель, що проектуються. Дане питання є багатовекторним, оскільки має соціально-економічну спрямованість, так як питання відноситься до економії витрат на опалення кожного власника або утримувача житлової забудови, так і до економії енергоресурсів на державному рівні, але з іншого боку має бути забезпеченні комфортні (оптимальні) мікрокліматичні умови у приміщеннях [9].

В Україні підвищення енергоефективності багатоповерхових житлових будівель у будівлях які вже експлуатуються вирішується шляхом термомодернізації на основі проведеного енергоаудиту. Термомодернізація повна або частково, включає такі заходи, як:

- утеплення теплоізоляційної оболонки - зовнішніх стін, цоколя, даху;
- заміна вікон у приміщеннях загального користування і вхідних групах;
- заміна всіх вікон (зазвичай проводиться індивідуально власниками квартир);
- встановлення енергоефективного обладнання інженерних мереж;
- регулювання та налагодження системи опалення : заміна трубопроводів, встановлення балансувальних клапанів, радіаторних терморегуляторів тощо;
- встановлення або реконструкція теплового пункту;
- заміна освітлення, реконструкція електропроводки загального користування та електричних установок всередині квартири (проводиться власниками помешкання) [9].

Кожен з цих напрямків підвищення енергоефективності будівлі, є комплексним, тому при проектуванні систем створення та забезпечення нормованого мікроклімату приміщень оптимальним є підхід, коли будинок розглядається як єдина енергетична система [9].

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

3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження

3.1.1 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій

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.

«ТЕЗОЛАТ» – це сучасна водоемульсійна суспензія, призначена для одержання покриттів на будь-яких поверхнях з високими теплоізоляційними і антикорозійними властивостями. Це покриття відрізняє широка область застосування. Матеріал може використовуватися для [10]:

- теплоізоляції трубопроводів пари, гарячої води, водогрійного обладнання котелень;
- зниження теплових втрат при капітальному будівництві та реконструкції будівель і споруд;
- боротьби з промерзанням стін житлових приміщень;
- запобігання утворення криги і бурульок на дахах;
- зниження витрат на охолодження і запобігання перегріву рефрижераторів і морозильних камер;
- запобігання корозії і утворення конденсату на поверхні сталевих профільованих конструкцій.

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{ут.ог.к}} = (R_{q\text{min}} - R_{\Sigma\text{ПРсм}}) \cdot \lambda_{\text{ут}} \quad (3.1)$$

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

де $\lambda_{\text{ут}} = 0,001 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – теплопровідність ізолюючого матеріалу [11].

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [7].

$$\delta_{\text{ут.ст}} = (4,0 - 0,92) \cdot 0,001 = 0,00308 \text{ м}$$

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

$$Q_{\text{ог.к}}^{\text{із}} = \frac{F_{\text{ог.к}}}{R_{q \text{ min}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{ст}}^{\text{із}} = \frac{1419,5}{4,00} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 16324,25$$

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

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

$$\Delta Q_{\text{ст}} = 70976,5 - 16324,25 = 54652,25 \text{ Вт}$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період (для м. Суми складає 187 діб) по формулі [12]:

$$Q_{\text{ог.к}}^{\text{рік}} = \Delta Q_{\text{ог.к}} \cdot \frac{(t_6 - t_{\text{ср.он}})}{(t_6 - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} , \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{ст}}^{\text{рік}} = 54,6 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 119326,16 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} \approx 102,6 \text{ Гкал}$$

					Арк.
					34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 103 \cdot 1654,41 = 170404,23 \text{ грн/рік}$$

Теплоізоляційне покриття «ТЕЗОЛАТ» (рідкий утеплювач) поставляється у пластиковій тарі ємністю 10 літрів, які розраховані на створення 37–38 м² утепленої поверхні. Загальна площа огорожувальних конструкцій становить $F_{\text{ст}}=1419,5 \text{ м}^2$, тоді для створення теплоізоляційного шару на поверхні огорожувальних конструкцій будівлі необхідно 38 упаковок теплоізоляції. Вартість однієї упаковки становить 4500 грн [13].

Порахуємо витрати на введення в експлуатацію.

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.

$$K_{\text{ТОВ}} = 38 \cdot 4500 = 171000 \text{ грн}$$

$$K_{\text{М}} = 171000 \cdot 0,5 = 85500 \text{ грн}$$

$$K = 171000 + 85500 = 256500 \text{ грн}$$

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо термін окупності:

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

$$T_{ок} = \frac{256500}{170404,23} = 1,5 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методику розрахунку наведено в [14].

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 $K = 256500$ грн.

Після утеплення зовнішніх стін економія тепловитрат у грошовому еквіваленті становитиме 170404,23 грн/рік.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергоощадного заходу дисконтним методом [14].

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули [14, (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;

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

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 D (дохід), грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-256500		-256500	1		
1	0	170404,23	-86095,770	0,877	149477,395	-107022,605
2	0	170404,23	84308,460	0,769	131120,522	24097,916
3	0	170404,23	254712,690	0,675	115018,001	139115,918
4	0	170404,23	425116,920	0,592	100892,984	240008,902
5	0	170404,23	595521,150	0,519	88502,617	328511,519
6	0	170404,23	765925,380	0,456	77633,875	406145,394
7	0	170404,23	936329,610	0,400	68099,890	474245,284
8	0	170404,23	1106733,840	0,351	59736,746	533982,030
9	0	170404,23	1277138,070	0,308	52400,654	586382,684
10	0	170404,23	1447542,300	0,270	45965,486	632348,170
	IRR	66%			888848,170	

$$NPV = 888848,17 - 256500 = 632348,17 \text{ грн}$$

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 2 роки. Чистий дохід проекту становить 888848,17 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 632348,17 грн.

Індекс дохідності PI розраховуємо :

$$PI = \frac{888848,17}{632348,17} = 1,4$$

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

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 – 66 %.

Таблиця 3.2 – Оцінка IRR (фрагмент таблиці Microsoft Excel)

	A
1	2
1	-256500
2	170404,23
3	170404,23
...	...
10	170404,23
11	170404,23
Формула	= $IRR(A1 : A11)$
Результат	66 %

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

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 1 + \frac{256500 - 109058,7}{87246,97} = 1,8 \text{ року}$$

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	256500
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Річна економія, грн	170404,23
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	632348,17
3.3	Індекс дохідності	1,4
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	66
3.5	Дисконтований термін окупності, років	1,8

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 індивідуального теплового пункту

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) – комплекс обладнання та автоматичних пристроїв, який приєднаний до мережі централізованого тепlopостачання та об'єкту споживача. ІТП допомагає керувати системою теплоспоживання однієї будівлі, регулюючи параметри подачі теплоносія в будівлю відповідно до зміни погодних умов та, за потреби, розподіляти теплову енергію за типами споживання (для потреб опалення та постачання гарячої води) [17].

Індивідуальні теплові пункти дозволяють власникам (співвласникам) будинків регулювати споживання тепла та внаслідок цього отримувати економію в рахунках на тепlopостачання. Крім того, наявність ІТП уможлиблює постачання гарячої води впродовж всього року [17].

Практика свідчить, що встановлення ІТП підвищує якість послуг та комфорту мешканців і заохочує співвласників будинків застосовувати заходи з енергоефективності. ІТП – це основа для досягнення економії від інших заходів з енергоефективності. Якщо не встановлено ІТП, інші заходи з енергоефективності сприятимуть підвищенню температури в приміщенні, але не зменшать рахунки власників будинків за тепло [17].



Рисунок 3.1 – Індивідуальний тепловий пункт

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

Вартість обладнання, враховуючи доставку та монтаж: $K=350000$ грн [15].

Економія в споживанні теплової енергії після встановлення ІТП складає близько 35% [15].

Теплова потужність будівлі до впровадження енергозберігаючих заходів складає 452,04 ГКал.

Тоді:

$$E=452,04 \cdot 0,35=158,21 \text{ Гкал.}$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$\Delta E = 158,21 \cdot 1654,41 = 261744,21 \text{ грн}$$

Простий термін окупності:

$$T = \frac{350000}{261744,21} = 1,3 \text{ року}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [14].

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

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	350000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Річна економія, грн	261744,21
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1015288,07
3.3	Індекс дохідності	1,3
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	74
3.5	Дисконтований термін окупності, років	1,6

3.1.3 Заміна старих дерев'яних вікон на нові енергозберігаючі з двокамерним склопакетом

На момент огляду будівлі всі вікна – дерев'яні з подвійним склопакетом, тепловтрати крізь них становлять значну частину в загальних тепловтратах будівлі.

З метою зменшення теплових втрат рекомендується замінити старі дерев'яні вікна на нові енергозберігаючі двокамерним склопакетом (4i-14Ar-4-14Ar-4i). $R' = 1,41 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ [16]

Площа вікон, що потребують заміни, становить: $F=976,3 \text{ м}^2$.

Річні втрати тепла через незамінені світлопрозорі огорожувальні конструкції:

$$Q = 165,577 \cdot 187 \cdot 24 \cdot 0,00086 = 639,07 \text{ Гкал/рік}$$

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 165,577 кВт – витрати теплоти через незамінені вікна; 187 діб – тривалість опалювального періоду для міста Суми; 24 год – тривалість доби; 0,00086 – коефіцієнт для переходу з кВт-год у Гкал.

Втрати крізь нові склопакети становитимуть:

$$Q' = \frac{1}{R'} \cdot \Delta t \cdot F$$

$$Q' = \frac{1}{1,41} \cdot (21 - (-25)) \cdot 976,3 \cdot 187 \cdot 24 \cdot 0,00086 = 123 \text{ Гкал/рік.}$$

Розраховуємо річну економію теплової енергії:

$$\Delta Q = 639,07 - 123 = 516,07 \text{ Гкал/рік.}$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$E = 516,07 \cdot 1654,41 = 853791,36 \text{ грн.}$$

Вартість 1м² енергозберігаючого склопакета разом з витратами на його встановлення становитимуть 3118 грн [16].

Загальні витрати на введення в експлуатацію:

$$K = 976,3 \cdot 3118 = 3044103 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності заходу:

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ок}} = \frac{3044103}{853791,36} = 3,56 \text{ роки.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [14].

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

Таблиця 3.5 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	3044103
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Річна економія), грн	853791,36
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1409371,47
3.3	Індекс дохідності	3,15
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	25
3.5	Дисконтований термін окупності, років	7,69

3.2 Висновки за розділом

У третьому розділі було запропоновано і описано 3 заходи з енергозбереження: утеплення стін, встановлення індивідуального теплового пункту, та заміна дерев'яних вікон на енергозберігаючі.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра був виконаний аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі гуртожитку Машинобудівного коледжу СумДУ 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. 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 – 256500 грн; економія в грошовому еквіваленті – 170404,23 грн; термін окупності заходу – 1,5 роки, дисконтова ний термін окупності – 2,7 року);

2) Встановлення індивідуального теплового пункту (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 350000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 261744,21 грн; термін окупності заходу – 1,3 року, дисконтова ний термін окупності – 1,8 року);

3) Заміна дерев'яних вікон на енергозберігаючі (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 3044103 грн; економія в грошовому еквіваленті

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

– 853791,36 грн; термін окупності заходу – 3,6 року, дисконтований термін окупності – 7,29 року);

У Додатку А «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» розглядалося питання за темою :Закон України «Про охорону праці».

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лічильник теплоенергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://in-prem.ua/ru/mechanical-heat-or-cold-heat-meter-pollutherm-x-polluflow-dn-15-dn-40-mm>
2. Лічильник електроенергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://sokol.energy/uk/nik-lichilnik-nik-2303-at1000mc11-trifaznij-elektronnij-odnotarifnij.html>
3. Лічильник води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://talliman.by/schetchiki-vody-obshchedomovye/schetchik-kholodnoj-vody-mt-dn-25/>
4. Характеристики електричного бойлера [електронний ресурс] Режим посилання: <https://comfy.ua/ua/vodonagrevatel-nakopitel-nyj-atlantic-steamite-vm-100-d400-2-bc.html>
5. 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>
6. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 22 с.
7. 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
8. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 21 листопада 2020 року №260 «Про затвердження Мінімальних вимог до

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

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>

9. Підвищення енергоефективності багатоповерхових житлових будівель / О. Д. Панкевич, М. С. Свідер – Вінниця: Вінницький національний технічний університет [електронний ресурс] Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/37606/127696.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

10. Композитна надтонка система ізоляції «ТЕЗОЛАТ» [електронний ресурс] Режим доступу: <https://megalit.lviv.ua/kompozytna-nadtonka-systema-izolyatsiji-tezolat/>

11. Рідка керамічна теплоізоляція «ТЕЗОЛАТ» [електронний ресурс] Режим доступу: <https://komfort-teplo.in.ua/shop/teploizolyatsionnyie-materialyi/tezolat/pokryitie-tezolat>

12. 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.

13. Рідка керамічна теплоізоляція «ТЕЗОЛАТ» [електронний ресурс] Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p1378031823-zhidkaya-keramicheskaya-teploizolyatsiya.html>

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

15. Вартість ІТП [електронний ресурс] Режим доступу: <https://opeks.ua/ru/individualnyj-teplovoj-punkt-sistemy-otopleniya-po-nezavisimoj-sxeme-podklyucheniya>

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

16. Двокамерний склопакет 4i-14Ar-4-14Ar-4i [електронний ресурс] Режим доступу: <https://nimetski-vikna.ua/ru/glass/dvukamernyj-steklopaket-4i-14ar-4-14ar-4i/>

17. Індивідуальні теплові пункти: переваги встановлення та роль у реформуванні системи теплопостачання [електронний ресурс] Режим доступу: <https://energysecurityua.org/ua/blogs-ua/indyvidualni-teplovi-punkty-perevahy-vstanovlennia-ta-rol-u-reformuvanni-systemy-teplopostachannia/>

18. Закон України «Про охорону праці» (Відомості Верховної Ради України, 1992, №49, ст.669) [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

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

ДОДАТОК А

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

14 жовтня 1992 року був прийнятий Закон України "Про охорону праці" (далі - Закон). Цей документ має важливе значення, адже він втілює в життя конституційне право громадян на безпечні та здорові умови праці.

Дія цього закону поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих [17, розділ I, ст. 1].

Закон чітко окреслює основні принципи та положення, що стосуються:

- Безпечних та здорових умов праці: Закон гарантує працівникам право на роботу в умовах, які не загрожують їхньому життю та здоров'ю. Це досягається шляхом запровадження низки заходів, таких як оцінка ризиків, вжиття заходів з їх усунення, забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту.

- Прав та обов'язків роботодавців та працівників: Закон чітко розмежовує права та обов'язки обох сторін трудових відносин у сфері охорони праці. Роботодавець зобов'язаний створити безпечні умови праці, провести відповідні інструктажі, а працівник має право на інформацію про ризики, пов'язані з його роботою, та на відмову від виконання небезпечних робіт.

- Державного нагляду та контролю: Закон визначає систему органів державної влади, які здійснюють нагляд та контроль за дотриманням законодавства про охорону праці. До цих органів належать Міністерство соціальної політики України, Державна служба гірничого нагляду та недрокористування України та Державна служба України з питань праці.

- Відповідальності за порушення: Закон передбачає дисциплінарну, адміністративну та кримінальну відповідальність за порушення його норм. Це

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мотивує роботодавців та працівників сумлінно виконувати свої обов'язки, адже за нехтування ними передбачені жорсткі санкції.

Закон ґрунтується на таких принципах [17, розділ I, ст. 4]:

- Пріоритет життя і здоров'я працівників. Цей принцип означає, що роботодавець зобов'язаний вживати всіх необхідних заходів для створення безпечних і здорових умов праці, а працівник має право на відмову від виконання небезпечних робіт.

- Превентивний характер заходів з охорони праці. Цей принцип означає, що роботодавець має вживати заходів щодо запобігання виробничому травматизму і профзахворюванням, а не лише щодо їх ліквідації.

- Системний підхід до управління охороною праці. Цей принцип означає, що всі заходи з охорони праці мають бути взаємопов'язані та спрямовані на досягнення єдиної мети - створення безпечних і здорових умов праці.

- Соціальне партнерство у сфері охорони праці. Цей принцип означає, що роботодавець і працівники мають співпрацювати у питаннях охорони праці, спільно розробляти та впроваджувати заходи щодо створення безпечних і здорових умов праці.

Державний нагляд і контроль за дотриманням законодавства про охорону праці здійснюють спеціально уповноважені органи державної влади, зокрема [17, розділ VII, ст. 38]:

- центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці;

- центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері ядерної та радіаційної;

- центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Ці органи мають право проводити перевірки дотримання законодавства про охорону праці на підприємствах, видавати приписи про усунення порушень, застосовувати штрафні санкції до роботодавців [17, розділ VII, ст. 39].

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

За порушення законодавства про охорону праці роботодавці та працівники несуть дисциплінарну, адміністративну та кримінальну відповідальність[17, розділ VIII, ст. 44]:

Дисциплінарна відповідальність настає за невиконання або неналежне виконання своїх трудових обов'язків у сфері охорони праці. Вона може полягати в зауваженні, догані або звільненні з роботи.

Адміністративна відповідальність настає за порушення норм і правил з охорони праці. Вона може полягати в штрафі.

Кримінальна відповідальність настає за порушення норм і правил з охорону праці, якщо це порушення потягнуло за собою тяжкі наслідки, наприклад, виробничу аварію або смерть працівника.

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