

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Аналіз енергоефективності будівлі легкоатлетичного манежу

Сумського державного університету»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Олицький В.С.

(прізвище та ініціали)

(підпис студента)

*В роботі не виявлено текстових,
ілюстративних та інших запозичень
без коректного на них посилання*

Керівник роботи

(підпис)

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

Антоненко С.С.

(прізвище і ініціали)

к.т.н., доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

“ ___ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії

(підпис)

Суми 2023

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 64 сторінки, 12 рисунків, 13 таблиць, 1 додаток, 25 літературних джерела.

Графічні матеріали: енерготехнологічна схема об'єкту обстеження, аналіз обсягів енергоспоживання, результати розрахункового аналізу, розробка енергозберіжних заходів – чотири плакати формату А3.

Метою роботи: розробка енергозберігаючих заходів для покращання систем енергозабезпечення будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету та розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

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 енергозабезпечення будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження є системи енергозабезпечення будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету.

Об'єкт дослідження: будівля легкоатлетичного манежу Сумського державного університету та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, СВІТЛОДІОДНА ЛАМПА, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧЕ ВІКНО, ШУМ.

Тема роботи: «Аналіз енергоефективності будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету».

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(освітня програма «Енергетичний менеджмент»)

Завідувач
гідроаеромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
кафедри
прикладної

_____ Сотник М.І.
“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Олицького Віталія Сергійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Аналіз енергоефективності будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету».

затверджена наказом по університету №_0337-VI від “04”квітня 2023 р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи до 12 червня 2023 р.

3 Вихідні дані до роботи: будівельна та проектна документація об'єкту енергетичного обстеження; нормативні вимоги, дійсні на території України.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити).

Вступ (загальна характеристика проблем з енергозбереження, мета, задачі та актуальність виконання роботи).

1. Характеристика об'єкту енергетичного обстеження (опис дійсного стану та систем енергопостачання об'єкта; опис приладів обліку енергоносіїв на об'єкті, представлення результатів інструментального обстеження та їх аналіз).

2. Комплексний аналіз рівня енергоефективності об'єкта енергетичного обстеження (аналіз обсягів енергоспоживання за видами систем енергопостачання на об'єкті; визначення питомих величин рівня енергоефективності; основні положення методики розрахунку енергетичних показників; представлення результатів розрахунку).

3. Техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозбережних заходів (основні положення методики розрахунку заходів з енергозбереження; представлення результатів розрахунку).

Додатки (Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; копії документів, принципові схеми, статистичні дані тощо).

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (з точним зазначенням креслень або плакатів)

1. Енерготехнологічна схема об'єкта

2. Аналіз обсягів енергоспоживання
3. Результати розрахункового аналізу
4. Розробка енергозберіжних заходів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи (за змістом розрахунково- пояснювальної записки)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування вихідних даних	до 30.04.2023	
2	Характеристика об'єкту енергетичного обстеження	до 10.05.2023	
3	Інструментальне обстеження	до 14.05.2022	
4	Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання	до 25.05.2023	
5	Розробка можливих енергозберіжних заходів	до 04.06.2023	
6	Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.	до 07.06.2023	
7	Оформлення розрахунково- пояснювальної записки та графічних матеріалів	до 11.06.2023	
8	Здача роботи на перевірку	до 12.06.2023	
9	Доопрацювання зауважень	до 18.06.2023	
10	Захист роботи	з 19.06.23 до 25.06.23	

Дата видачі завдання “ 17 “ квітня 2023 р.

Студент _____
(підпис)

Олицький В.С.
(Прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Антоненко С.С.
(Прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП

6	
1	ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ 8
1.1	Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження 8
1.2	Опис дійсного стану будівлі..... 9
1.3	Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта... 9
1.3.1	Система опалення 9
1.3.2	Система електропостачання 10
1.3.3	Система водопостачання та водовідведення 10
1.3.4	Система вентиляції 11
1.3.5	Система обліку енергоресурсів 11
1.3.6	Існуючі тарифи на енергоносії та воду..... 14
1.4	Аналіз обсягів споживання енергоносіїв..... 14
1.4.1	Аналіз споживання природного газу..... 14
1.4.2	Аналіз споживання електричної енергії..... 16
1.4.3	Аналіз споживання холодної води..... 17
1.5	Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв..... 19
1.5.1	Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії..... 19
1.5.2	Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії..... 21
1.5.3	Техніко-економічний аналіз споживання води..... 22
1.6	Прилади для проведення вимірювань 22
1.7	Результати вимірювань на об'єкті 25
1.8	Висновки за розділом..... 25
2	КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ 26
2.1	Розрахунок термічного опору огорожуючих конструкцій 26

					6.144.06 ВР 00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	«Аналіз енергоефективності будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету»	Лист.	Лист	Листів
Розробив	Олицький						4	64
Перевірив	Антоненко							
Реценз.								
Н. Контр.	Антоненко					СумДУ ЕМ-91-1		
Затверд.								

2.1.1 Розрахунок основних тепловтрат.....	27
2.1.2 Розрахунок додаткових тепловтрат.....	29
2.1.3 Розрахунок теплонадходжень.....	32
2.2 Представлення результатів розрахунків	34
2.3 Висновки до розділу.....	42
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	46
3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження.....	46
3.1.1 Утеплення зовнішніх стін будівлі.....	46
3.1.2 Утеплення даху будівлі	52
3.1.3 Розрахунок теплового насосу для системи опалення	52
3.2 Висновки до розділу.....	56
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТОК А.....	62

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

ВСТУП

Використання енергетичних ресурсів і енергозберігаючі технології ось уже кілька десятиліть залишаються надзвичайно актуальними [1]. І це не просто данина моді, а дійсно вимога часу, особливо важлива на тлі постійного зростання вартості енергоресурсів та масованих терористичних атак на об'єкти енергетичної інфраструктури нашої країни [1].

Перше, що спадає на думку при слові «енергозбереження» це обмеження споживання енергетичних ресурсів [1]. Але крім поняття «енергозбереження» існує також інше поняття – «енергоефективність». Остання, на відміну від енергозбереження, фокусується не на економії енергоспоживання, а на його оптимальному використанні [1].

Енергоефективність – це раціональне споживання усіх енергетичних ресурсів спрямоване на зменшення їх використання і при цьому забезпечення домогосподарств та технологічних процесів тією ж кількістю енергії і таким же рівнем комфорту [1].

Інакше кажучи, енергоефективність – це розсудливе та доцільне використання енергетичних запасів (природного газу, річкової і морської води, вітру, нафти, вугілля, тощо), не відмовляючи собі в звичних зручностях, таких як тепло, освітлення чи приготування їжі. І водночас, це спосіб зменшити викиди шкідливих парникових газів за рахунок скорочення виробництва енергії. Адже менше виробництво енергії означає менше забруднення та менше руйнування природного середовища [1].

Робота в напрямку підвищення енергоефективності вимагає технологічного прогресу і розвитку [2]. Енергозбереження ж може розглядатися як якась чеснота і, звичайно, має місце бути. Однак, вона не може привести до збільшення продуктивності продукту для задоволення наших потреб [2]. Ефективність означає прогрес і може зберегти наші ресурси і гроші. Підвищення

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

енергоефективності означає, що ми можемо досягти цілей зі збереження енергії, не відмовляючись від бажаних результатів [2].

Метою дослідження в роботі є підвищення ефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету, аналіз фактичного споживання енергоресурсів та енергії, режимів їх споживання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій з використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження для підвищення рівня енергоефективності.

Об'єктом дослідження в роботі є будівля легкоатлетичного манежу Сумського державного університету та її системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження в роботі є системи енергозабезпечення будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету.

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

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного дослідження є будівля легкоатлетичного манежу Сумського державного університету, яка знаходиться за адресою: м. Суми, пр-т Перемоги 38/1. (рис 1.1).

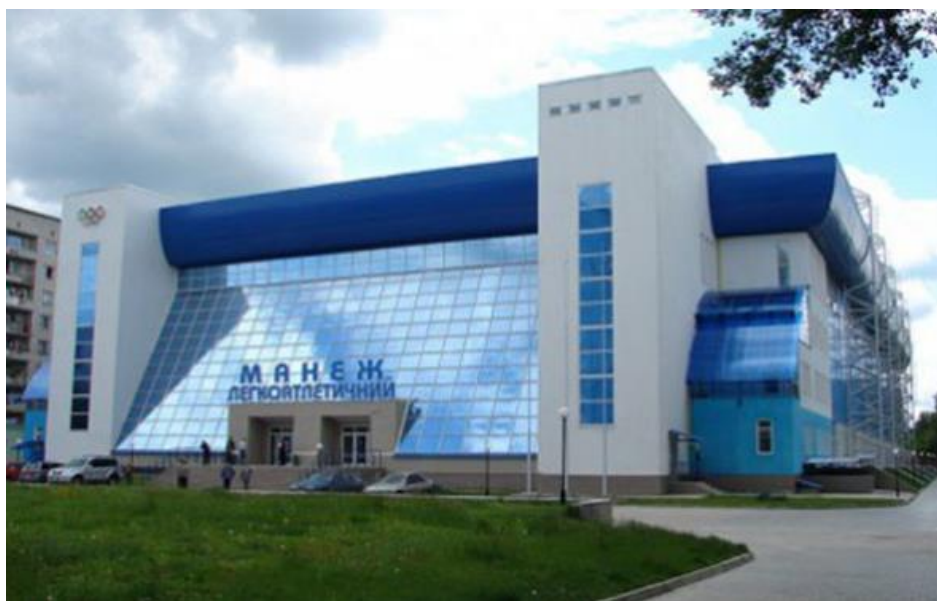


Рисунок 1.1 – Головний фасад будівлі

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації:

- рік побудови 2002 р.;
- кількість поверхів 6 поверхів;
- площа забудови 7062 м²;
- опалювальна площа 11269 м²;
- опалювальний об'єм 123395,4 м³;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 137106 м³.

У закладі працює 35 працівників.

Забезпечення будинку тепловою енергією здійснюється від автономної системи опалення.

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

Водопостачання та водовідведення в будівлі – централізоване.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється автономно, встановлені електричні водопідігрівачі.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Зовнішні стіни виконані з червоної цегли на цементно-піщаному розчині 500 мм, оштукатурені з середини цементним розчином 10 мм.

Фундамент будинку виконаний із залізобетонних конструкцій 600 мм, які одночасно є огорожувальними конструкціями опалювального підвалу із підлогою із бетонної плити товщиною 380 мм по поверхні землі, покритою кахлем або лінолеумом.

Вхідні та запасні двері – металопластикові.

Вікна в приміщеннях будинку металопластикові з подвійним склопакетом.

Покрівля плоска виконана із залізобетонної плити 220 мм та покрита шаром руберойду 5 мм.

1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Обстежуваний об'єкт має автономну систему опалення. В окремому приміщенні встановлений газовий котел типу марки Buderus Logano GE434 (рис. 1.2) [3]. Цей котел має високоефективну систему процесу горіння та утилізації тепла димових газів у регенеративному теплообміннику та не потребує обслуговуючого персоналу.

Система опалення в приміщенні – однотрубна з верхнім розведенням магістралей. Рух гарячого теплоносія відбувається завдяки роботі циркуляційного насосу.

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

Як опалювальні прилади використовуються сталеві опалювальні панелі типу Radik, що розташовані під вікнами в кожному приміщенні та мають різну кількість секцій, залежно від розрахункової теплової потужності. Всі нагрівальні прилади обладнуються автоматичними терморегуляторами.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд котла Buderus Logano GE434 [3]

Технічні характеристики котла наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики котла Buderus Logano GE434 [3]

Параметр	Характеристика
Вид палива	Природний газ
ККД котла, %	92
Теплоносій	Вода рН7
Температура теплоносія, С	60-80
Робочий тиск теплоносія, МПа	0,2
Номінальна теплова потужність, кВт	375
Діаметр димоходу, мм	400
Маса котла, кг	1718

Трубопроводи системи опалення виготовлені із сталевих труб. Теплова ізоляція труб виконана з мінераловатних виробів з покривним шаром із рулонного склопластику.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 762. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-116, що знаходиться неподалік від будівлі. Живлення струмоприймачів споживача здійснюється по двох кабельних лініях 0,4 кВ.

1.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано Державним комунальним підприємством «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 723.

Вода до будівлі подається по металевій трубі Ø 80 мм зі сторони пр. Перемоги. Тиск води на вході в будівлю $P_{хв}=0,6$ МПа. Водовідведення в будівлі—централізоване.

Основними споживачами води є працівники та відвідувачі будівлі.

1.3.4 Система вентиляції

Будинок обладнано системою природної вентиляції. Видалення вентиляваного повітря здійснюється через вентиляційні канали, що знаходяться в будівельних конструкціях.

Система штучного кондиціонування є працездатною та вмикається періодично у теплий (літній) та прохолодний (осінь та весна) періоди під час проходження масових спортивних заходів.

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

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання природного газу здійснюється за допомогою газового лічильника марки METRIX G40, (рис 1.3), термін повірки - 8 червня 2017 р.

Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.



Рисунок 1.3 – Газовий лічильник марки METRIX G40 [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [4]

Назва параметру	Значення параметру
Тип	Мембранний
Номінальний діаметр, мм	65
Максимальний тиск, МПа	0,1
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	10 років

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу NIK 2303L (рис. 1.4), термін повірки - 22 серпня 2021 р. Лічильник знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі.

Зняття показань лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць.

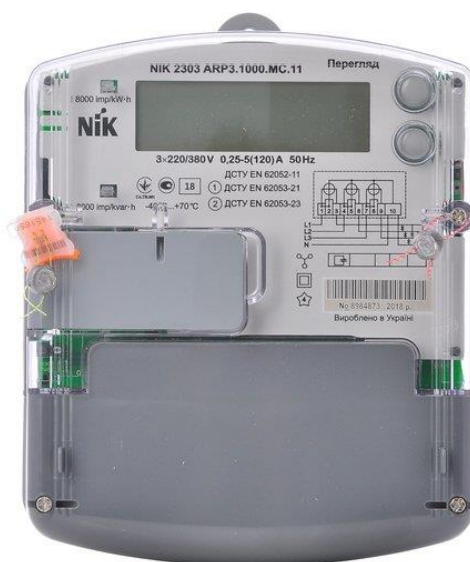


Рисунок 1.4 – Лічильник електричної енергії [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника NIK 2303L [5]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	380 В
Номінальний та максимальний струм	5(50)
Клас точності	1
Кількість тарифів	1
Міжповірочний інтервал	4 роки
Номінальна частота	50 Гц

Облік холодної води здійснюється лічильником GROSS MNK-UA DN 25 (рис. 1.5), термін повірки – 18 червня 2022 р. Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.



Рисунок 1.5 – Лічильник холодної води [6]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики лічильника GROSS MNK-UA DN 25 [6]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	9 м ³ /год
Номінальна витрата	5 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,3 м ³ /год
Тип встановлення	4 роки
Міжповірочний інтервал	Горизонтальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 29.05.2023 року тарифи на електричну енергію, природний газ та воду складають з ПДВ (згідно наданих даних):

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

природний газ – 16,39 грн/м³.

водопостачання – 15,98 грн/м³;

водовідведення – 16,67 грн/м³;

електрична енергія – 6,16 грн / кВт·год.

1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв та води

1.4.1 Аналіз споживання природного газу

Обсяги споживання природного газу будівлею по місяцях за 2020, 2021 і 2022 наведено в таблиці 1.5, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.5 – Обсяги споживання природного газу за 2020-2022 роки

Місяці	Споживання природного газу, тис. м ³		
	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Січень	21,5	21,2	20,7
Лютий	20,6	19,9	15,3
Березень	18,4	18,4	4,1
Квітень	9,4	8,9	-
Травень	-	-	-
Червень	-	-	-
Липень	-	-	-
Серпень	-	-	-
Вересень	-	-	-
Жовтень	8,3	7,6	6,5
Листопад	15,4	14,8	13,7

Продовження таблиці 1.5

Грудень	20,3	21,2	19,6
Всього	113,9	112	79,9

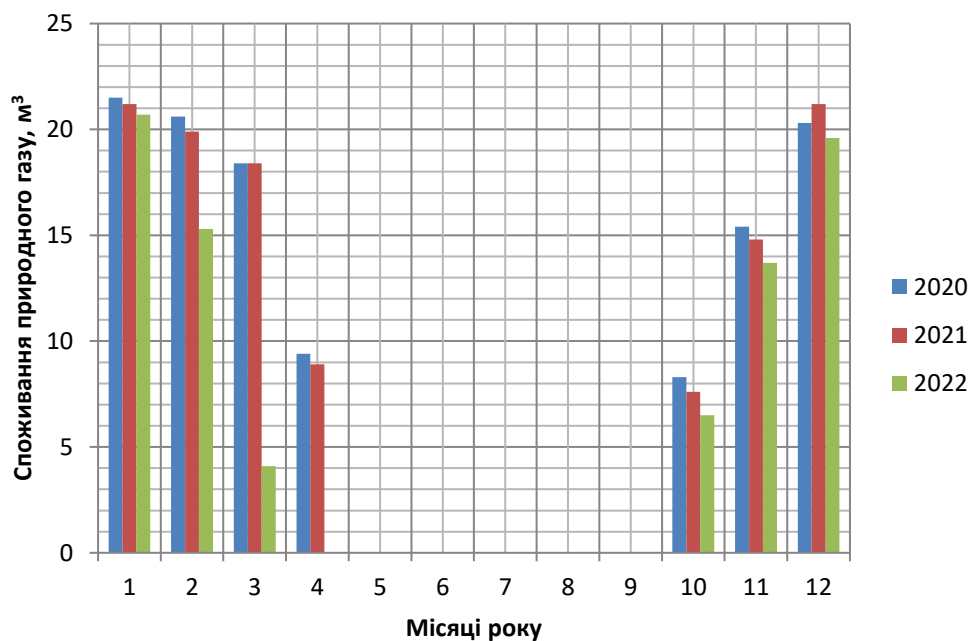


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання природного газу за 2020-2022 роки

Як видно з діаграми, споживання природного газу будівлею зростає під час опалювального періоду.

Найбільшу кількість природного газу будівля споживає взимку, оскільки це найхолодніший період року.

В 2022 році споживання було найменшим ніж в попередні роки. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ в Україну. Заклад майже не працював.

1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії будівлею по місяцях за 2020, 2021 і 2022 роки наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання електричної енергії за 2020 – 2022 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Січень	19740	20175	21470
Лютий	18410	19250	17620
Березень	18730	20270	3250
Квітень	9890	8860	2680
Травень	4265	7660	3140
Червень	4140	6700	3210
Липень	3418	3420	2580
Серпень	2098	2250	2520
Вересень	3214	3350	3458
Жовтень	7256	7525	7620
Листопад	19650	20120	18560
Грудень	22457	22654	23680
Всього	133268	142234	109788

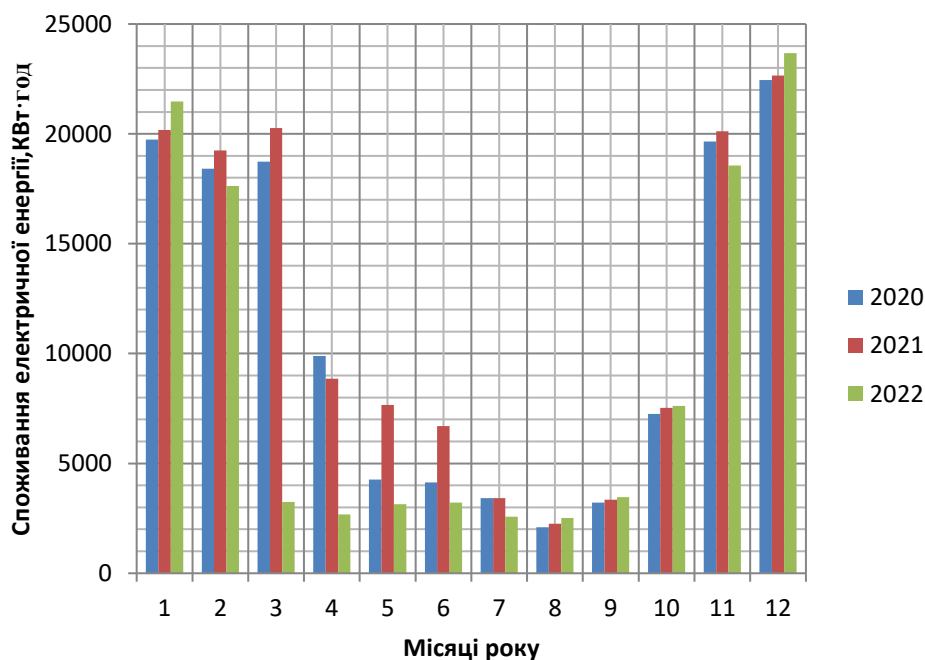


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання електричної енергії за 2020-2022 роки

З діаграми видно, що найбільше електричної енергії споживається в зимовий період. У літній період природного освітлення вистачає для забезпечення нормального освітлення будівлі. Тому в цей період споживання зменшується.

В 2022 році споживання електричної енергії найменше в порівнянні з минулими роками. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ в Україну.

1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води будівлею по місяцях за 2020, 2021 і 2022 роки наведено в таблиці 1.7, та на рисунку 1.8.

Таблиця 1.7 – Обсяги споживання холодної води за 2020 – 2022 роки

Місяці	Споживання холодної води, м ³		
	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Січень	304	295	260
Лютий	260	285	140
Березень	274	280	15
Квітень	180	190	10
Травень	120	150	45
Червень	110	220	55
Липень	105	160	90
Серпень	95	110	110
Вересень	120	150	90
Жовтень	220	200	85
Листопад	350	320	135
Грудень	315	295	150
Всього	2435	2655	1185

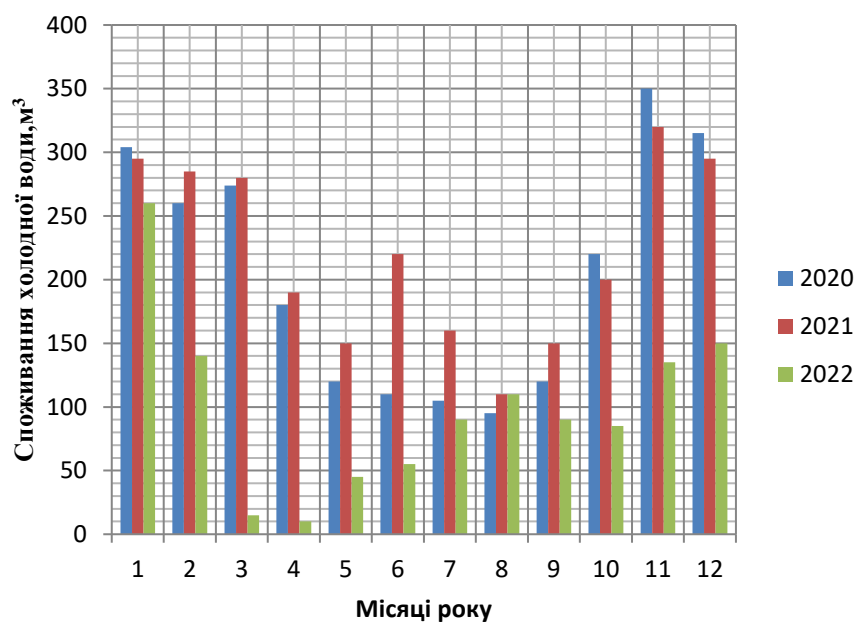


Рисунок 1.8 – Діаграма споживання холодної води за 2020-2022 роки

Споживання води нерівномірне протягом року. Перепади у споживанні води пов’язані з тим, що у літній період в будівлі відсутні культурно-масові заходи.

В 2022 році споживання води найменше в порівнянні з минулими роками. Це пов’язано з повномасштабним вторгненням РФ в Україну. Відвідування студентів та співробітників будівлі було мінімальним.

1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

З метою надання об’єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі закладу, який обстежується, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами.

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об’єму будівлі для

забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [7]:

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

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

$V_{буд}^{оп}$ – опалювальний об'єм будинку, м³.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [7]:

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

де EP – питома річна енергопотреба будівлі, кВт·год/м³;

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [7].

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

$$EP_{max} = 30 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} = 0,026 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення приміщень закладу за рік становлять:

- за 2020 рік – $Q_{оп} = 865,6$ Гкал;
- за 2021 рік – $Q_{оп} = 851,2$ Гкал;
- за 2022 рік – $Q_{оп} = 607,2$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

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

- за 2020 рік – $EP = 0,01 \text{ Гкал/м}^3$;
- за 2021 рік – $EP = 0,01 \text{ Гкал/м}^3$;
- за 2022 рік – $EP = 0,01 \text{ Гкал/м}^3$.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,01 \text{ Гкал/м}^3$.

За результатами порівняння фактичних і нормованих показників із споживання теплової енергії можна зробити наступний висновок, а саме: такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі, необхідно вважати такими, що задовольняють сучасним вимогам з енергоефективності.

Але, враховуючи результати енергетичного обстеження, треба зазначити, що із-за умов дотримання встановлених для будівлі лімітів по споживанню природного газу відбувається недогрів теплоносія та нерівномірне прогрівання приміщень закладу, що призводить до використання додаткових джерел теплоти, внаслідок чого підвищуються загальні витрати на оплату за енергопостачання будинку. У такій ситуації порушується циркуляційний тиск теплоносія в опалювальних приладах будівлі; можлива відсутність руху теплоносія в крайніх ділянках теплопровідної системи тощо.

Такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі, необхідно вважати незадовільними.

1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням.

Згідно з [8] норма споживання електричної енергії для навчальних закладів складає $37 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2$ корисної площі.

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

- 2020 рік: $\frac{133268 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{11269 \text{ м}^2} = 11,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$;

- 2021 рік: $\frac{142234 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{11269 \text{ м}^2} = 12,6 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$;

- 2022 рік: $\frac{109788 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{11269 \text{ м}^2} = 9,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

Для будівлі фактичне споживання не перевищує нормоване, що є задовільним показником.

1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує відповідність витрат води нормативам. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працівників та відвідувачів у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [9]. Норма витрат води для даного типу будівлі на одну людину становить – 50 л/добу. Згідно наданої інформації в середньому в будівлі перебуває близько 300 чоловік на добу.

- 2020 рік ($\frac{2435000 \text{ л}}{300 \text{ людей}}$)/365 днів = 22,2 л/добу;

- 2021 рік ($\frac{2655000 \text{ л}}{300 \text{ людей}}$)/365 днів = 24,2 л/добу;

- 2022 рік ($\frac{1185000 \text{ л}}{300 \text{ людей}}$)/365 днів = 10,8 л/добу.

Порівняння норми витрат води і дійсних величин витрат показує, не перевищують нормовані. Це є задовільним показником.

1.6 Прилади для проведення вимірювань

Для виконання теплотехнічних розрахунків було проведено вимірювання параметрів повітря всередині приміщень досліджуваного об'єкта. Приладом для вимірювання необхідних параметрів є термометр.

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

Температуру повітря усередині приміщень було виміряно кімнатним термометром (рис 1.9) [10].

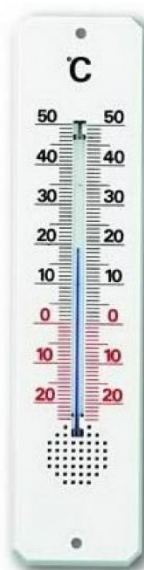


Рисунок 1.9 – Кімнатний термометр [10]

Функція кімнатного термометра – вимірювання температури повітря у приміщеннях. Діапазон вимірювання температур: $-30 +50$ °С. Розмір термометра: 160x20 мм.

Для визначення вологості в приміщеннях використовували вимірювач Testo 605-N1 (рис. 1.10) [11]. Його технічні характеристики представлені в таблиці 1.6.



Рисунок 1.10 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1 [11]

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

Таблиця 1.8 – Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-H1 [11]

Технічні характеристики	
Діапазон вимірювань	Від -20 до +70 °С
Похибка вимірювань	±0,5
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °С
Довжина зонда	125 мм
Діаметр зонда:	
- в основі	16 мм
- біля чутливого елемента	12 мм

Прилад володіє точністю і стабільністю свідчень завдяки унікальному датчику вологості, який не боїться води, захищений поворотною кришкою і відкривається лише в процесі виміру. Дисплей розташований на поворотній голівці і завжди видний. Передбачена функція автоматичного відключення через 10 хвилин роботи.

Лазерний далекомір служив для визначення геометричних розмірів приміщень (рис. 1.11). Границя виміру приладу складає 50 м [12].



Рисунок 1.11 – Лазерний далекомір [12]

1.7 Результати вимірювань на об'єкті

Вимірювання проводилось 10.03.2023 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: -4°C .

Вимірювані параметри склали:

- 1) середня температура повітря по приміщенням будівлі склала $T_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [13].
- 2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 60^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 40^{\circ}\text{C}$.
- 3) відносна вологість повітря – 54%, що відповідає вимогам норм і правил [13].

1.8 Висновки за розділом

Огороджувальні конструкції будівлі знаходяться в задовільному стані.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється автономно. В окремому приміщенні встановлений газовий котел.

Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

На об'єкті ведеться облік спожитих енергоресурсів. Наведено опис приладів обліку та їх технічні характеристики.

Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками.

За допомогою приладів (далекоміра та термометра) було виміряно температуру всередині приміщень та геометричні розміри будівлі.

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

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

2.1 Розрахунок термічного опору огорожувючих конструкцій

Зведений опір теплопередачі дійсних огорожувючих конструкцій, $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Vm$, повинний бути не менше за вимагаємих значень R_{qmin} , які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруді внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на $3 \text{ } ^\circ C$ та більше, обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}, \quad (2.1)$$

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Vm$;

R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Vm$.

Зведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Vm$, непрозорої огорожувючої конструкції розраховується за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i п}} + \frac{1}{\alpha_з} \quad (2.2)$$

де $\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $Вт/(m^2 \cdot K)$,

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

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.3), $m^2 \cdot K/Vm$;

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті R_{nz} , $(m^2 \cdot ^\circ C)/Vm$ визначається за формулами:

$$\text{I зона - } R_{nz}^I = R_0^I + \sum R_n ;$$

$$\text{II зона - } R_{nz}^{II} = R_0^{II} + \sum R_n ;$$

$$\text{III зона - } R_{nz}^{III} = R_0^{III} + \sum R_n ; \quad (2.3)$$

$$\text{IV зона - } R_{nz}^{IV} = R_0^{IV} + \sum R_n ;$$

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

$\sum R_n$ – сума значень термічного опору теплопередачі шарів підлоги на ґрунті, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Vm$.

Величина $\sum R_n$ розраховується по рівнянню:

$$\sum R_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2.4)$$

де n – кількість шарів підлоги на ґрунті;

δ_i – товщина i -го прошарку, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го прошарку, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Vm$.

2.1.1 Розрахунок основних тепловтрат

При дотриманні оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно щоб виконувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями.

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

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень, Вт [14]:

$$\Sigma Q_{втр} = \Sigma Q_0 + \Sigma Q_d + \Sigma Q_{инф}, \quad (2.5)$$

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

ΣQ_d – сумарні додаткові втрати теплоти огорожуючі конструкції, Вт;

$\Sigma Q_{инф}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт.

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплені підлоги), Вт [14]:

$$Q_0 = \frac{F_{оzp}}{R_0} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \quad (2.6)$$

де $F_{оzp}$ – розрахункова площа поверхні огорожуючої конструкції, m^2 ;

R_0 – опір теплопередачі огорожуючої конструкції (за результатами проведених розрахунків R_{qmin}), $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

$t_в, t_з$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, $^\circ C$; [14]

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

Відповідно до (2.6), основні тепловтрати крізь підлоги $Q_{ндл}$ розраховуються по формулі, Вт

$$Q_{ндл} = \left(\frac{F_I}{R_{нг}^I} + \frac{F_{II}}{R_{нг}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{нг}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{нг}^{IV}} \right) \cdot (t_в - t_{зп}), \quad (2.7)$$

де $R_{нг}^I, R_{нг}^{II}, R_{нг}^{III}, R_{нг}^{IV}$ - термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті, $(m^2 \cdot ^\circ C) / Вт$;

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

$F_I, F_{II}, F_{III}, F_{IV}$ – площі підлоги, відповідно першої, другої, третьої, четвертої зони, m^2 ;

$t_{в}, t_{зр}$ – відповідно внутрішня температура приміщень над підлогами і температура ґрунту (для практичних розрахунків приймається температура ґрунту $t_{зр}=+6^{\circ}C$).

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції визначаються за формулою, $Вт$

$$\sum Q_0 = \sum Q_{см} + \sum Q_{вкн} + \sum Q_{з.д} + \sum Q_{ндл}, \quad (2.8)$$

де $\sum Q_{см}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження, обчислені по кожному приміщенню, $Вт$;

$\sum Q_{вкн}$ – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, обчислені по кожному приміщенню, $Вт$;

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

$\sum Q_{ндл}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги, обчислені по кожному приміщенню з такими підлогами, $Вт$.

2.1.2 Розрахунок додаткових тепловтрат

Додаткові втрати тепла через огорожуючі конструкції будівель обумовлені наявністю багатьох різних неврахованих факторів, що підвищують величини основних тепловтрат на деякі частки від їхніх значень.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, $Вт$

$$Q_{ор}^{\delta} = Q_{см} \cdot \beta_{ор}, \quad (2.9)$$

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

де Q_{cm} – тепловтрати через кожну зовнішню стіну приміщень, $Вт$;

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу.

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації, приймати $\beta_{op}=0,08$ – при одній зовнішній стіні в приміщенні, і $\beta_{op}=0,13$ – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, $Вт$

$$Q_{з.д}^{\partial} = Q_{з.д} \cdot \beta_{відкр}, \quad (2.10)$$

де $Q_{з.д}$ - втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), $Вт$;

$\beta_{відкр}$ – коефіцієнт добавки на відкривання дверей, що має значення:

- для одинарних дверей для громадських будинків $\beta_{откр}=3$.

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами, $Вт$

$$Q_{пдл}^{\partial} = 0,05 \cdot Q_{пдл}, \quad (2.11)$$

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

Сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, $Вт$

$$\sum Q_{пдл}^{\partial} = \sum_i^n Q_{i.пдл}^{\partial}, \quad (2.12)$$

де $Q_{i.пдл}^{\partial}$ – втрати теплоти через неутеплені підлоги по кожному приміщенню, $Вт$;

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

n – кількість приміщень де є неутеплені підлоги, для яких розраховано значення $Q_{i.n\delta l}^{\delta}$.

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції, $Вт$

$$\Sigma Q_{\delta} = \Sigma Q_{op}^{\delta} + \Sigma Q_{3.\delta}^{\delta} + \Sigma Q_{n\delta l}^{\delta}, \quad (2.13)$$

де ΣQ_{op}^{δ} – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, $Вт$;

$\Sigma Q_{3.\delta}^{\delta}$ – сумарні додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, $Вт$;

$\Sigma Q_{n\delta l}^{\delta}$ – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, $Вт$.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [14].

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи, $Вт$

$$Q_{3.\delta}^{inf} = 0,28 \cdot G_{3.\delta} \cdot c \cdot (t_{\theta} - t_3), \quad (2.14)$$

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

t_{θ} , t_3 – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$G_{3.\delta}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність дверного прорізу, $\text{кг}/\text{год}$

$$G_{3.\delta} = b_{n.\delta} \cdot L_{n.\delta} \cdot v_{cp.n.\delta} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (2.15)$$

де $b_{n.\delta}$ – ширина встановленої дверної нещільності (приймається $0,005 \text{ м}$);

$L_{n.\delta}$ – загальна довжина нещільності дверного прорізу, м ;

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

$v_{ср.н. \delta}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільності дверного прорізу за результатами виконаних вимірів (приймається 0,5 м/с);

m_n – маса 1 м³ повітря, яка дорівнює 1,3 кг.

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт

$$\sum Q_{инф} = \sum Q_{вкн}^{инф} + \sum Q_{з.д}^{инф}, \quad (2.16)$$

У підсумку проведених розрахунків за результатами дискретного визначення тепловтрат у приміщеннях обстежуваної будівлі визначається сумарне розрахункове значення тепловтрат $\sum Q_{втр}$ по формулі (2.5).

Додаткові втрати теплоти на вентиляцію повітря у об'єкті

Додаткові тепловтрати на вентиляцію повітря у об'єкті крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуємо за формулою, Вт

$$Q_{\epsilon} = 0,28 \cdot V_n \cdot c \cdot \rho \cdot (t_{\epsilon} - t_3) \cdot n_k \cdot k_v, \quad (2.17)$$

де c , t_{ϵ} , t_3 те саме, що у формулі (2.14);

V_n – об'єм приміщення;

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

n_k – кратність повітрообміну, м³/(год·м²);

k_v – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення через розташування в ньому різного обладнання (приймається $k_v = 0,85 - 1,0$).

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

2.1.3 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей, *Вт*

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \quad (2.18)$$

де q_l – явні теплонадходження від людей, *Вт*;

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування, *Вт*

$$Q_{ел} = N_{ел} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \quad (2.19)$$

де $N_{ел}$ – номінальна потужність електроустаткування, *Вт*;

k_{II} – коефіцієнт завантаження ($k_{II}=0,9$);

η – ККД електроустаткування (приймаємо 0,9);

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення ($k_T=0,9$);

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію ($k_c=0,15$).

Теплонадходження від джерел освітлення, *Вт*

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_3, \quad (2.20)$$

де N_l – потужність одного джерела освітлення, *Вт*;

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (люмінісцентні лампи – $k_{осв}=0,4$);

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення;

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

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

Сумарні теплонадходження, Bt

$$Q_{\text{тн}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{ел}} + Q_{\text{осв}}, \quad (2.21)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі, Bt

$$\Delta Q = \Sigma Q_{\text{втр}} - \Sigma Q_{\text{тн}}, \quad (2.22)$$

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

$\Sigma Q_{\text{тн}}$ – сумарні теплонадходження по всій будівлі, Bt

$$\Delta Q_{\text{оп}} = \Delta Q \cdot \frac{t_{\text{е}}^{\text{ср}} - t_{\text{ср.он}}}{t_{\text{е}}^{\text{ср}} - t_{\text{з}}} \cdot n_{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6}, \quad (2.23)$$

де $t_{\text{е}}^{\text{ср}}$ – середня температура у опалювальному приміщенні;

$t_{\text{ср.он}}$ – середня температура зовнішнього повітря [15];

$t_{\text{з}}$ – розрахункова за опалювальний період температура зовнішнього повітря [15, табл.10, додаток Б];

$n_{\text{оп}}$ – кількість днів опалювального періоду.

2.2 Представлення результатів розрахунків

Розрахунок термічного опору зовнішньої стіни

Зовнішні стіни:

Вологісний режим приміщення (за виміряною вологістю – 55 % > 50 %) – нормальний, умови експлуатації – Б.

1 шар (штукатурка (розчин цементно-піщаний $\rho = 1600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$): $\delta_1 = 0,02 \text{ м}$

$$\lambda_{1p} = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}};$$

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

2 шар (червона цегла на цементно-піщаному розчині): $\delta_2 = 0,5 \text{ м}$

$$\lambda_{2p} = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}.$$

Загальний термічний опір зовнішньої стіни

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,5}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,82 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$R_{\Sigma np} = 0,82 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < R_{q \min} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Отже, теплозахисні властивості зовнішніх стін будівлі є незадовільними.

Розрахунок термічного опору даху

Дах:

1 шар (руберойд $\rho = 600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$): $\delta_1 = 0,003 \text{ м}$ $\lambda_{1p} = 0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;

2 шар (мінеральна вата $\rho = 600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$): $\delta_2 = 0,1 \text{ м}$ $\lambda_{2p} = 0,044 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;

3 шар (залізобетонна плита $\rho = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$): $\delta_3 = 0,22 \text{ м}$ $\lambda_{3p} = 2,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;

4 шар (штукатурка (розчин цементно-піщаний $\rho = 1600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$): $\delta_4 = 0,02 \text{ м}$

$$\lambda_{4p} = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}.$$

Загальний термічний опір даху

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{7,6} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,1}{0,044} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 2,59 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

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

$$R_{\Sigma np} = 2,59 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 4,95 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Отже, теплозахисні властивості даху будівлі є незадовільними.

Розрахунок термічного опору вхідних дверей
металопластикова рама з подвійним склопакетом

$$R_{\Sigma np} = 0,73 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} > R_{q \min} = 0,65 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$$

Отже, теплозахисні властивості дверей будівлі є задовільними.

Термічний опір вікон
металопластикова рама з подвійним склопакетом

$$R_{\Sigma np} = 0,73 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$$

Отже, теплозахисні властивості вікон будівлі є майже задовільними.

Розрахунок термічного опору підлоги

Підлога:

1 шар (руберойд $\rho = 600 \frac{kg}{m^3}$): $\delta_1 = 0,003 m$ $\lambda_{1p} = 0,17 \frac{Bm}{m \cdot K}$;

2 шар (залізобетонна плита $\rho = 2500 \frac{kg}{m^3}$): $\delta_2 = 0,38 m$ $\lambda_{2p} = 2,04 \frac{Bm}{m \cdot K}$;

3 шар (штукатурка (розчин цементно-піщаний $\rho = 1600 \frac{kg}{m^3}$): $\delta_3 = 0,02 m$

$$\lambda_{3p} = 0,81 \frac{Bm}{m \cdot K}$$

4 шар (лінолеум): $\delta_4 = 0,006 m$

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

$$\lambda_{4p} = 0,33 \frac{Вт}{м \cdot К};$$

Загальний термічний опір неопалюваної підлоги

$$\sum R_{n2} = \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,38}{2,04} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,006}{0,33} = 0,25 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Термічний опір підлоги по зонам:

$$I \text{ зона} - R_{nz}^I = 2,2 + 0,25 = 2,45 \frac{м^2 \cdot К}{Вт};$$

$$II \text{ зона} - R_{nz}^{II} = 4,3 + 0,25 = 4,55 \frac{м^2 \cdot К}{Вт};$$

$$III \text{ зона} - R_{nz}^{III} = 8,6 + 0,25 = 8,85 \frac{м^2 \cdot К}{Вт};$$

$$IV \text{ зона} - R_{nz}^{IV} = 14,2 + 0,25 = 14,45 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій досліджуваного об'єкту представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару, $\delta, м$	Теплопровідність $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Зовнішні стіни	Червона цегла на цементно-піщаному розчині	0,5	0,81	0,82	3,3
		Штукатурка цем.-піщана	0,02	0,81		
2	Двері	Металопластикові з подвійним склопакетом			0,73	0,65

Продовження таблиці 2.1

3	Дах	З/бетонна плита	0,22	2,04	2,59	4,95
		Гідроізоляція	0,003	0,17		
		Мінеральна вата (скловолокно)	0,044	0,1		
		Штукатурка цем.-піщана	0,02	0,81		
4	Вікна	Металопластикові з подвійним склопакетом			0,73	0,75
5	Підлога	Гідроізоляція	0,003	0,17	0,25	2,45 4,55 8,85 14,45
		З/бетонна плита	0,38	2,04		
		Штукатурка цем.-піщана	0,02	0,81		
		Лінолеум	0,006	0,33		

Розрахунок тепловтрат будівлі.

Тепловтрати через зовнішні стіни:

$$Q_{0_{з.с.}} = \frac{2231}{0,82} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 122432,9 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через дах:

$$Q_{0_{дах}} = \frac{7062}{2,59} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 122698 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через вікна:

$$Q_{0_{вкн}} = \frac{1110}{0,73} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 68424,7 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через двері:

$$Q_{0_{дв}} = \frac{19}{0,73} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 1171,2 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через підлогу:

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

$$Q_{\text{одл}} = \left(\frac{656}{2,45} + \frac{624}{4,55} + \frac{592}{8,85} + \frac{5184}{14,45} \right) \cdot (20 - 6) = 11627,6 \text{ Вт}.$$

Сумарні тепловтрати через огорожуючі конструкції:

$$\Sigma Q_0 = 122432,9 + 122698,8 + 68424,7 + 1171,2 + 11627,6 = 326355,2 \text{ Вт}.$$

Розрахуємо додаткові тепловтрати через огорожуючі конструкції згідно [14]:

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків:

$$Q_{\text{оп}}^{\circ} = 122432,9 \cdot 0,13 = 15916,3 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей [14]:

$$Q_{\text{з,д}}^{\circ} = 1071,2 \cdot 3 = 3213,6 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами [14]:

$$Q_{\text{подл}}^{\circ} = 0,05 \cdot 11627,6 = 581,4 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення [14]

$$Q_{\text{в}}^{\circ} = 0,02 \cdot 122432,9 = 2448,7 \text{ Вт}.$$

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції

$$\sum Q_o = 15916,3 + 3213,6 + 2448,7 + 581,4 = 22160 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0, \text{ тому що у будівлі встановлено металопластикові вікна.}$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через двері.

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через ворота:

$$G_{\text{вр}} = 19 \cdot [0,33 \cdot 0,8 \cdot (9,81 \cdot 4 \cdot 0,048 / 1,3) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot 2] \cdot 1,2 = 1,78 \text{ кг / с},$$

$$\rho_c = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (20 + 25)} = 1,2 \text{ кг / м}^3.$$

Теплова потужність, яка необхідна для нагріву повітря, що вривається у двері без повітряної завіси, знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{вр}}^{\text{інф}} = 1,78 \cdot 1005 \cdot (20 + 25) \cdot 0,16 = 12880,1 \text{ Вт}.$$

Сумарні тепловтрати на інфільтрацію повітря

$$\sum Q_{\text{інф}} = 12880,1 \text{ Вт}.$$

Сумарні розрахункові тепловтрати:

$$\sum Q_{\text{втр}} = 326355,2 + 22160 + 12880,1 = 361395,3 \text{ Вт}.$$

Графічне зображення тепловтрат приведено на рисунку 2.1.

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

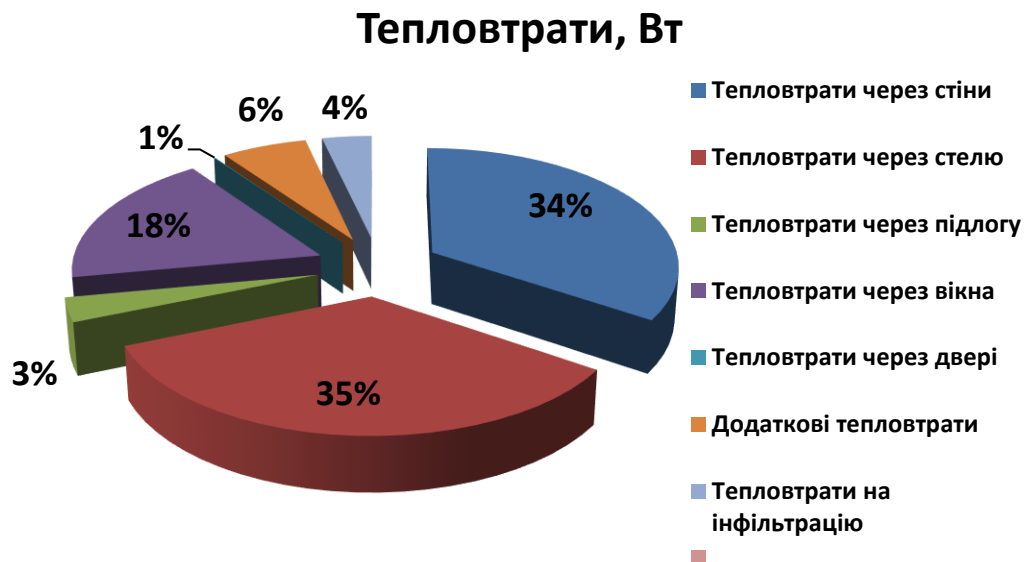


Рисунок 2.1– Діаграма розподілу тепловтрат будівлі

З рисунку 2.1 видно, що найбільш вагомими є тепловтрати через зовнішні стіни – 34 %, дах – 35 %. Це дає змогу говорити про необхідність першочергового впровадження енергозберігаючих заходів саме в цих огорожувальних конструкціях.

Розрахунок теплонадходжень в будівлі

Теплонадходження від людей розраховуємо за формулою (3.19):

$$Q_l = 300 \cdot 104 = 31200 \text{ Вт.}$$

де $n = 300$ чол – середня кількість людей, що постійно знаходяться у будівлі.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування розраховуємо за формулою (2.20)

$$Q_{el} = 52450 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,3 = 14460 \text{ Вт,}$$

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

Теплонадходження від джерел освітлення розраховуємо за формулою (2.21)

$$Q_{осв} = 17856 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 2857 \text{ Вт.}$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{тн} = 31200 + 14460 + 2857 = 48517 \text{ Вт.}$$

Теплову потужність всієї будівлі визначаємо за формулою (2.22)

$$\Delta Q = 361395,3 - 48517 = 312878,3 \text{ Вт.}$$

Розрахункове значення кількості тепла, що використовується будівлею за опалюваний період становить (2.23) [14]:

$$\Delta Q_{оп} = 312878,3 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-25)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 574,2 \text{ Гкал.}$$

2.3 Висновки до розділу

Опір теплопередачі огорожуючих конструкцій не відповідає сучасним нормам.

Теплова потужність будівлі складає 312878,3 Вт.

З метою підвищення рівня енергоефективності будівлі пропонується запровадження енергозберігаючих заходів.

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

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження

3.1.1 Утеплення зовнішніх стін будівлі

Теплоізоляцію зовнішніх стін пропонується виконати мінеральною ватою [16].

Переваги при утепленні даним матеріалом наступні:

- 1) не горить (температура плавлення 1000 °С);
- 2) захищена від біологічної корозії;
- 3) гарна шумова ізоляція;
- 4) простота при монтажу та довговічність.

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

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

де $\lambda_{\text{ут}} = 0,04$ Вт/(м · К) – теплопровідність ізолюючого матеріалу [16].

$R_{q\text{min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить $3,3$ м²·К/Вт [7].

$$\delta_{\text{ут.ст}} = (3,3 - 0,82) \cdot 0,04 = 0,1\text{м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

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

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

$$Q_{ст}^{із} = \frac{2231}{3,3} \cdot (20 + 25) = 30422,7 \text{ Вт.}$$

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

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

$$\Delta Q_{ст} = 122432,9 - 30422,7 = 92010,2 \text{ Вт.}$$

Знайдемо різницю тепловтрат через стіни за опалювальний період [14]:

$$Q_{втр}^{рік} = 3600 \cdot 92010,2 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 706956,3 \text{ МДж}$$

Економія споживання природного газу від застосування енергозберігаючого заходу складе:

$$V = \frac{Q_{втр}^{рік}}{\eta \cdot Q_{н}^p} = \frac{706956,3}{0,92 \cdot 38} = 20221 \text{ м}^3$$

де η - ККД котла. Згідно [3] $\eta = 0,92$.

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 16,39 \cdot 20221,9 = 331436,3 \text{ грн / рік.}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «ДахЦентр» вартість 1 м² плити мінераловатної товщиною 100 мм складає 140 грн [17]. Вартість робіт включаючи матеріали по встановленню плит складає 600 грн/м² [18]. Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

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

$$K = F_{ог.к} \cdot (C_{тов} + C_{роб}) \quad (3.4)$$

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

$C_{робіт}$ - вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

$$K = 2231 \cdot (140 + 400) = 1204740 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} \quad (3.5)$$

$$T_{ок} = \frac{1204740}{331436,3} = 3,6 \text{ років.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [19].

Цей проект спрямований на зменшення споживання природного газу для потреб опалення будівлі, шляхом теплоізоляції зовнішніх стін.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз утеплення зовнішніх стін будівлі.

Капітальні витрати на впровадження заходу будуть складати $K = 1204740$ грн.

Після утеплення стін економія в споживанні теплової енергії будівлею у грошовому еквіваленті становитиме 331436,3 грн/рік.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергоощадного заходу дисконтним методом [19].

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули:

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

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (3.6)$$

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 10 % (0,1).

Таблиця 3.1 - Оцінка NPV

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати), грн	Вигоди D (дохід), грн	чистий грошовий потік, P_t , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-1204740	-1204740		1		
1	0	331436,3	-873303,7	0,909	301306	-903434
2	0	331436,3	-541867,4	0,826	273914	-629520
3	0	331436,3	-210431,1	0,751	249013	-380507
4	0	331436,3	121005,2	0,683	226375	-154132
5	0	331436,3	452441,5	0,621	205796	51664
6	0	331436,3	783877,8	0,564	187087	238751
7	0	331436,3	1115314,1	0,513	170079	408831
8	0	331436,3	1446750,4	0,467	154617	563448
9	0	331436,3	1778186,7	0,424	140561	704010
10	0	331436,3	2109623	0,386	127783	831793
11	0	331436,3	2441059,3	0,350	116166	947959

Продовження таблиці 3.1

12	0	331436,3	2772495,6	0,319	105606	1053565
13	0	331436,3	3103931,9	0,290	96005	1149570
14	0	331436,3	3435368,2	0,263	87278	1236848
15	0	331436,3	3766804,5	0,239	79343	1316191
16	0	331436,3	4098240,8	0,218	72130	1388321
17	0	331436,3	4429677,1	0,198	65573	1453894
18	0	331436,3	4761113,4	0,180	59612	1513506
19	0	331436,3	5092549,7	0,164	54192	1567698
20	0	331436,3	5423986	0,149	49266	1616964
21	0	331436,3	5755422,3	0,135	44787	1661751
22	0	331436,3	6086858,6	0,123	40716	1702467
23	0	331436,3	6418294,9	0,112	37014	1739481
24	0	331436,3	6749731,2	0,102	33649	1773130
25	0	331436,3	7081167,5	0,092	30590	1803721
	IRR	27%			3008461	

$$NPV = 3008461 - 1204740 = 1803721 \text{ грн}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту. У даному випадку $NPV > 0$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Чистий дохід проекту становить 3008461 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 1803721 грн.

Індекс дохідності PI розраховуємо :

$$PI = \frac{3008461}{1803721} = 1,7$$

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

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

Розрахунок *IRR* у програмі Microsoft Excel проводиться у такій послідовності (табл. 3.2) [19].

1. У клітинку A1 заносимо величину інвестицій.
2. У клітинки A2 – A425 заносимо розмір чистого грошового потоку у кожному році за весь життєвий цикл проекту.
3. У клітинку A25 заносимо формулу = *IRR*(Q8 : Q48).
4. Отримуємо результат – 27 %.

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

	Q
1	2
2	– 1204740
3	331436,3
4	331436,3
...	...
24	331436,3
25	331436,3
Формула	= <i>IRR</i> (Q8 : Q25)
Результат	27 %

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

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 4 + \frac{1204740 - 1050608}{205796} = 4,7 \text{ роки.}$$

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	1204740
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	331436,3
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1803721
3.3	Індекс дохідності	1,7
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	27
3.5	Дисконтований термін окупності, років	4,7

Цей енергоощадний захід є ефективним, оскільки $NPV > 0$. Отже, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості. Проект може бути реалізований із великою вірогідністю.

3.1.2 Утеплення даху будівлі

Для утеплення даху будівлі пропонується пінополіуретан, теплопровідність якого складає $\lambda=0,037$ Вт/(м·К) [20].

Пінополіуретан - має високий ступінь зчеплення з різними будівельними матеріалами такими як: цегла, метал, деревина, штукатурка і т.п.

Пінополіуретан (ППУ) - матеріал, стійкий до кислотних і лужних середовищ, не схильний до пошкодження гниттям, цвіллю і гризунами, не впливає на фізіологію людини, що підтверджують сертифікати видані службами у сфері захисту прав споживачів і благополуччя людини [20].

Пінополіуретан - поліуретанова піна - теплоізоляційний матеріал, який дозволяє покривати поверхні будь-якої складності і форми, повторюючи в точності конструкцію і отримуючи покриття без єдиного стику з високим ступенем вологостійкості, перешкоджаючи утворенню корозії [20].

Пінополіуретан (ППУ) - матеріал з гарантованим терміном служби від 25 років [20].

Теплопровідність даного типу матеріалу складає $\lambda_{ум} = 0,037 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$ [20].

Визначимо товщину ізоляційного шару для утеплення даху за формулою згідно [14]:

$$\delta_{ут.} = [R_{q \min} - R_{\Sigma пр}] \cdot \lambda_{ут} = [4,95 - 2,59] \cdot 0,037 = 0,1 \text{ м.}$$

де: $R_{q \min} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ – мінімальний термічний опір стін [7];

Величина площі даху, який необхідно утеплювати, складає – 1200 м^2 .

Втрати теплової енергії через дах після утеплення складуть:

$$Q_{\delta}^{ум} = \frac{7062}{4,95} \cdot (20 - (-25)) = 64200 \text{ Вт.}$$

Економія втрат теплоти

$$\Delta Q = 122698,8 - 64200 = 58498,8 \text{ Вт}$$

Знайдемо різницю тепловтрат через стіни за опалювальний період [14]:

$$Q_{втр}^{рік} = 3600 \cdot 58498,8 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 449473 \text{ МДж}$$

Економія споживання природного газу від застосування енергозберігаючого заходу складе:

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

$$V = \frac{Q_{\text{втр}}^{\text{рік}}}{\eta \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}}} = \frac{449473}{0,92 \cdot 38} = 12856 \text{ м}^3$$

де η - ККД котла. Згідно [3] $\eta = 0,92$.

У грошовому еквіваленті ця економія складе:

$$E = 16,39 \times 12856 = 210709,8 \text{ грн.}$$

Ціна за 1 м² товщиною 100 мм при площі покриття більше 1000 м² включаючи роботу складає 250 грн [20]. Орієнтована загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу знайдемо за формулою:

$$K_{\text{зах}} = 7062 \cdot 200 = 1412400 \text{ грн.}$$

Визначимо простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1412400}{210709,8} = 6,7 \text{ років.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу за методикою [19].

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

						Арк.
						51
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	1412400
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	210709,8
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	710570,8
3.3	Індекс дохідності	2,6
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	14
3.5	Дисконтований термін окупності, років	7,9

3.1.3 Встановлення теплового насоса для системи опалення

Тепловий насос, що забезпечує необхідну роботу систему тепlopостачання, повинен мати достатній робочий діапазон та потужність для випадків, коли система споживає як мінімум теплової енергії, так і її максимум.

Даний проект спрямований на відмову від використання централізованої системи тепlopостачання для потреб опалення корпусу.

Методику розрахунку теплового насоса наведено в [21].

Опалювальна площа корпусу: $F_{оп} = 11269 \text{ м}^2$.

Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб опалення, з урахуванням годин його роботи [21]:

$$P_{ми} = \frac{312878,3 \cdot 24}{(20 + 2)} = 341321,8 \text{ Вт.}$$

Необхідний об'єм бака–акумулятора:

$$V_{\text{бак}} = \frac{P_{\text{ТН}} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{341321,8 \cdot 3600}{1000 \cdot 4200 \cdot (35 - 0)} = 8,9 \text{ м}^3 = 8900 \text{ л.}$$

Розрахунок необхідної довжини труб для вертикального теплового насоса знайдемо за формулою [12]:

$$L_c = \frac{10^3 \cdot P_{\text{ТН}}}{q_c} \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) \text{ м} \quad (2.8)$$

Де $P_{\text{ТН}}$ – потужність насоса [15].

q_c – питомий тепловий потік. Приймаємо 50 Вт/м (середнє значення для вертикальних колекторів) [15].

φ - коефіцієнт перетворення ТН [21].

$$L_c = \frac{341321,8}{50} \left(\frac{5,01 - 1}{5,01} \right) = 5464 \text{ м}$$

Кількість зондів вибрано $n=390$. Отже довжина одного зонду $L=60$ м. Місце для розміщення – територія біля будівлі.

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу NIBE (рис.3.1) [22] .

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



Рисунок 3.1 – Тепловий насос NIBE

NIBE 1345 – це найпотужніший тепловий насос ґрунт-вода або вода-вода з лінійки двохкомпресорних з одним фреоновим контуром [22]. Принципова схема розміщення теплового насоса зображена на рисунку 3.2 [22]. Для забезпечення тепловою енергією будівлі необхідно встановити три насоси.



Рисунок 3.2 – Принципова схема розміщення теплового насосу

Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає

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

приблизно $K = 25000$ євро [17] (Станом на 01.06.2023 року 1 євро= 39,05 грн.)
Тоді $K = 25000 \cdot 39,05 = 976250$ грн.

Монтаж теплового насосу складає 30 % від його вартості.

Тоді загальна вартість теплового насосу складає:

$$K_H = 976250 \cdot 1,3 = 1269125 \text{ грн.}$$

За опалювальний рік будівлею споживається природного газу (в грошовому еквіваленті). За розрахунок візьмемо 2021 р, оскільки в 2022 р. споживання було мінімальним.

$$\Delta E = 112000 \cdot 2142,93 = 1835680 \text{ грн} \quad (2.9)$$

Простий термін окупності

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{3807375}{1835680} = 2,1 \text{ роки.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу за методикою [19].

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	3807375

						Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.5

2	Річні експлуатаційні витрати, грн	—
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	1835680
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	12855166
3.3	Індекс дохідності	1,9
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	36
3.5	Дисконтований термін окупності, років	3,8

3.2 Висновки за розділом

Запропоновано та виконано розрахунок енергозберігаючих заходів.

Сума капітальних вкладень значна, але поступове впровадження даних заходів призведе до значної економії енергетичних ресурсів та плати за їх використання.

					Арк.
					56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра було проведено енергетичне обстеження будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету, що знаходиться за адресою м. Суми, проспект Перемоги, 38/1 та її систем енергозабезпечення.

Економія в споживанні енергоресурсів досягається за рахунок вдосконалення системи енергопостачання, впровадження нової техніки, зменшення витрат енергії, роботи обладнання в економних режимах.

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» після проведення візуального обстеження описано дійсний стан будівлі та енергетичних систем. Виконано аналіз обсягів енергоспоживання за видами систем енергопостачання на об'єкті. Здійснено порівняльний аналіз дійсних показників енергоспоживання з нормативними. Виконано опис приладів обліку енергетичних ресурсів та результати інструментального обстеження.

У розділі «КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» наведено основні положення методики розрахункового аналізу та представлення результатів розрахунку.

Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 312878,3 Вт.

У розділі «ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» виконано опис та розрахунок запропонованих енергозберігаючих заходів:

1) утеплення зовнішніх стін будівлі (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1204740 грн; економія в грошовому еквіваленті – 331436,3 грн; термін окупності заходу – 3,6 років, дисконтований термін окупності – 4,7 роки);

2) утеплення даху будівлі (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1412400 грн; економія в грошовому еквіваленті – 210709,8 грн; термін окупності заходу – 6,7 року; дисконтований термін окупності – 7,9 роки);

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) розрахунок теплового насосу для системи тепlopостачання (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 3807375 грн; економія в грошовому еквіваленті – 1835680 грн; термін окупності заходу – 2,1 роки, дисконтований термін окупності – 3,8 років);

У Додатку А «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» розглядалося питання «Причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму».

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергоефективність та енергозбереження [електронний ресурс] Режим посилання: <https://europan.ua/news/energoefektivnist-ta-energozberezhennja/>
2. Енергоефективність та енергозбереження сьогодні: [електронний ресурс] Режим посилання: https://dut.edu.ua/ua/news-1-596-4881-energoefektivnist-ta-energozberezhennya-sogodni_kafedra-energoefektivnih-tehnologiy
3. Газовий котел [електронний ресурс] Режим посилання: https://ek.ua/ua/ek-item.php?resolved_name_=BUDERUS-LOGANO-GE434-375&view_=tbl
4. Газовий лічильник [електронний ресурс] Режим посилання: https://vest-m.com.ua/uk/gazifikacyia/schetchiki-gazovye/sn/sn_g40_dn40.html
5. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: https://amperok.com.ua/lichilnik_nik_2102_02_m1_220v?gclid=Cj0KCQjwvpv2TBhD_oARIsALBnVnlJPVKQtpOEbcZOyjjgEI66rjo5Oe7-rENYq52co0U7MC5Ler-WbBb0aAtmqEALw_wcB
6. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/product/19748-schetchyk-dlja-vody-lk-15kh-du-15-t-30s-lat-so-shtutseramy>
7. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
8. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
9. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://mtve.kp.km.ua/normi-vitrat-vodi-ta-normi-vodospozhyvannya/>
10. Термометр кімнатний [електронний ресурс] Режим посилання: <https://don.kyivcity.gov.ua/files/2014/10/1/Toolkit-description.pdf>.
11. Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-H1.

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Рулетка вимірювальна [електронний ресурс] Режим посилання: <https://toolsua.com.ua/product/ruleтка-izmeritel'naya-10m/a12ddae3994411e7/>

13. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.

14. 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, 2014р.

15. ДБН В.2.5-67:2018 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» Мінрегіон - Київ, 2013. – 230с.

16. Мінеральна вата [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ars.ua/budivelni-materiali/teplo-i-zvukoizoljacija/mineralna-vata/>

17. «ДахЦентр» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://dahshop.com.ua/>

18. Роботи по утепленню в м.Суми [електронний ресурс] Режим посилання: <https://termobloki.org.ua/uk/uteplennja-fasadiv-vartist-uteplennja-fasadu-vibiraiemo-najekonomnishij-sposib/>

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

20. Пінополіуретан [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.ppu-protection.com/pinopoliuretan/shho-take-pinopoliuretan/>

21. Курсова робота з дисципліни «Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії на тему «Проєкт енергоефективного будинку та систем його енергозабезпечення, розташованого в Сумській області».

22. Принципова схема встановлення теплового насосу [електронний ресурс] Режим посилання: https://aqua-rmnt.com/otoplenie/alt_otoplenie/teplovoj-nasos-voda-voda.html

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Курс євро [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://minfin.com.ua/ua/currency/eur/>

24. Попередження травматизму [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://mp1.ck.ua/%D0%BF%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D1%83/>

25. Методи аналізу виробничого травматизму і профзахворюваності [електронний ресурс] Режим посилання: <https://buklib.net/books/27555/>

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

«Причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму»

Травматизм – слово грецького походження (trauma – пошкодження, поранення). На виробництві травми (нещасні випадки) головним чином стаються внаслідок непередбаченої дії на робітника небезпечного виробничого фактору при виконанні ним своїх трудових обов'язків [24].

Згідно з [24] травма – порушення анатомічної цілісності організму людини або його функцій внаслідок дії небезпечних виробничих факторів .

Виробнича травма – це раптове механічне (забої, переломи, рани тощо), фізичне (рухомі вузли машин, механізмів, інструмент, оброблюваний матеріал, ненормальні метеорологічні умови, недостатня освітленість робочої зони, шум та вібрація тощо), хімічне (хімічні опіки, загальнотоксичні гострі отруєння тощо), біологічне (мікроорганізми, бактерії, віруси, рослинні та тваринні макроорганізми), психофізіологічне (фізичне та нервово перевантаження організму людини), комбіноване та інше пошкодження людини у виробничих умовах [24].

За ступенем важкості наслідків нещасні випадки поділяють на легкі (втрата працездатності на 1 день), важкі (втрата працездатності більше як на 1 день) і смертельні. Висновок про важкість травм дають лікарі медичних установ згідно з відповідними нормативними документами. Залежно від кількості потерпілих, нещасні випадки поділяються на поодинокі і групові. До останніх відносяться нещасні випадки, які сталися одночасно з двома і більше потерпілими. Незалежно від важкості отриманих травм, такі нещасні випадки кваліфікують як важкі [24].

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз виробничого травматизму та профзахворюваності дозволяє виявити причини і визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики виробничого травматизму і профзахворюваності. Для аналізу виробничого травматизму застосовують такі основні методи: статистичний, топографічний, монографічний, економічний, метод анкетування, метод експертних оцінок [25].

Статистичний метод базується на вивченні травматизму за документами: звітами, актами, журналами реєстрації. Це дозволяє групувати випадки травматизму за певними ознаками: за професіями потерпілих, за робочими місцями, цехами, стажем, віком, причинами травматизму, обладнанням, яке спричинило травму [25].

Монографічний метод полягає в детальному обстеженні всього комплексу умов праці, технологічного процесу, обладнання робочого місця, прийомів праці, санітарно-гігієнічних умов, засобів колективного та індивідуального захисту [25]. Іншими словами, цей метод полягає в аналізі: небезпечних та шкідливих виробничих факторів, притаманних лшш тій чи іншій (моно) дільниці виробництва, обладнанню, технологічному процесу. За цим методом поглиблено розглядають всі обставини нещасного випадку, якщо необхідно, то виконують відповідні дослідження та випробування [25].

Топографічний метод ґрунтується на тому, що на плані цеху (підприємства) відмічають місця, де сталися нещасні випадки. Це дозволяє наочно бачити місця з підвищеною небезпекою, які вимагають ретельного обстеження та профілактичних заходів. Повторення нещасних випадків в певних місцях свідчить про незадовільний стан охорони праці на даних об'єктах [25].

Економічний метод полягає у вивченні та аналізі втрат, що спричинені виробничим травматизмом [25].

Метод анкетування. Розробляються анкети для робітників. На підставі анкетних даних (відповідей на запитання) розробляють профілактичні заходи щодо попередження нещасних випадків [25].

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метод експертних оцінок базується на експертних висновках (оцінках) умов праці, на виявленні відповідності технологічного] обладнання, пристосувань, інструментів, технологічних процесів вимогам стандартів та ергономічним вимогам, що ставляться до машин механізмів, обладнання, інструментів, пультів керування [25].

Для оцінки рівня травматизму розраховують показники його частоти та тяжкості [25]:

$$P_{\text{чт}} = A \cdot \frac{1000}{T} \quad (\text{A.1})$$

де $P_{\text{чт}}$ – показник частоти травматизму;

A – кількість випадків травматизму за звітний період; T — середньоспискова чисельність працівників.

Розробка заходів щодо попередження нещасних випадків – головна мета всіх теоретичних та практичних робіт в галузі охорони праці.

Для забезпечення безпеки праці застосовуються засоби захисту, котрі поділяються на дві групи: колективного та індивідуального захисту.

Засоби колективного захисту виключають вплив на працюючого небезпечного виробничого фактора, що зумовлений рухом або переміщенням матеріального тіла [24].

Засоби індивідуального захисту видаються робітникам індивідуально. Вони забезпечують захист органів людини від дії шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Нижче наводиться характеристика та кваліфікація згаданих засобів захисту [24].

До засобів колективного захисту відносять огорожувальні пристрої. Огорожувальні засоби поділяють на дві групи: огорожувальні пристрої рухомих частин, але не різальних інструментів і огорожувальні пристрої різальних інструментів [24].

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		