

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ, ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ВЕЧІРНЬОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

Шевченко Владислав Володимирович

ТЕМА: «ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ З
МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ НАВЧАЛЬНОЇ БУДІВЛІ
СУМДУ»

Магістерська робота
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(Енергетичний менеджмент)

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

Керівник роботи: _____
(підпис)
Сапожніков С.В.

(прізвище, ім'я, по батькові)
К. Т. Н, ДОЦЕНТ

(наукове звання та наукова ступінь)

Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика» (Енергетичний менеджмент)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ковальов І. О.

« » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Студента _____ Шевченко Владислав Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Використання альтернативних джерел енергії з метою підвищення енергонезалежності навчальної будівлі СумДУ»

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2020 р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 11.12.2020 р

3 Вихідні дані до магістерської роботи: Результати аналітичного вивчення інформації щодо актуальності проведення розрахункових робіт за темою магістерської роботи

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ (короткий опис загальних проблем з енергоспоживання та енергоефективності, до яких відноситься тематика випускної роботи);

Розділ 1 – Визначення вихідних даних, та їх характеристика (Характеристика об'єкту та предмету дослідження випускної роботи. Аналіз зібраних статистичних або дослідних даних з подальшим визначенням вихідних даних до розрахунку. Визначення та характеристика способу або методики проведення подальших розрахунків за отриманими вихідними даними).

Розділ 2 – Результати розрахунку задач за визначеною методикою (Основні положення визначеної методики розрахунку; представлення результатів розрахунку за кожним етапом розрахункового дослідження. Аналіз отриманих результатів. Розробка заходів або напрямів з удосконалення ефективності подальшого функціонування об'єкту дослідження).

Розділ 3 – Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. (Характеристика можливих небезпечних факторів, які треба враховувати при проведенні практичного дослідження за тематикою роботи, та їх розрахунковий аналіз)

Висновки.

5 Консультанти з проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Васькін Р.А.		

6 Дата видачі завдання 21.09.2020 р

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 21.09 до 18.10.2020	
2	Захист переддипломної практики	до 30.10.2020	
3	Виконання 1-го розділу	до 10.11.2020	
4	Виконання 2-го розділу	до 25.11.2020	
5	Виконання 3-го розділу	до 04.12.2020	
6	Представлення виконаної роботи	до 07.12.2020	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 11.12.20	
8	Проведення захисту роботи	з 14.12 до 24.12.2019	

Студент-магістр

_____ (підпис)

Керівник випускної роботи

_____ (підпис)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

Умовні позначення

T – температура, $^{\circ}\text{C}$;

L – довжина, м.

H – висота, м;

B – ширина, м

Індекси та скорочення

δ – товщина огорожуючої конструкції, м;

n – кількість шарів в конструкції;

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

\emptyset – діаметр.

Абревіатура

ПЕР – Паливно-енергетичні ресурси.

ККД – коефіцієнт корисної дії.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 56 сторінок, 14 рисунків, 7 таблиць, 28 літературних джерело.

Метою роботи є запровадження альтернативних джерел енергії для навчальної будівлі 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 енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів

Об'єкт дослідження: навчальний корпус Сумського державного університету та його системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВА МЕРЕЖА, СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ, ВИМІРЮВАННЯ.

Тема роботи – «Використання альтернативних джерел енергії з метою підвищення енергонезалежності навчальної будівлі СумДУ».

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ.....	10
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження.....	10
1.2 Опис дійсного стану будівлі.....	11
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта..	12
1.3.1 Система теплопостачання.....	12
1.3.2 Система електропостачання.....	12
1.3.3 Система водопостачання та водовідведення.....	12
1.3.4 Система вентиляції.....	13
1.3.5 Система обліку ресурсів.....	13
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	16
1.4 Аналіз обсягів споживання теплової енергії.....	16
1.5 Аналіз обсягів споживання електричної енергії.....	18
1.6 Аналіз обсягів споживання холодної води.....	19
1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	20
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	21
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	21
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	23
1.8 Тенденції та перспективи розвитку альтернативної енергетики.....	23
2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ВИЗНАЧЕНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ. ПЕРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ЗА КОЖНИМ ЕТАПОМ РОЗРАХУНКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	28
2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	28
2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі	29
2.3 Розрахунок теплонадходжень.....	33
2.4 Розрахунок теплової потужності	33
2.5 Розрахунок теплового насосу для системи теплопостачання	34

2.6 Розрахунок вітрової установки.....	36
2.7 Розрахунок фотоелектричних панелей для виробництва електричної енергії.....	39
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	42
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті.....	42
3.2 Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті.....	47
3.3 Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!».....	47
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

ВСТУП

Дієвим варіантом виходу економіки України з кризового стану є максимальне використання її внутрішніх ресурсів. Зокрема до них відноситься ефективне використання енергетичних ресурсів кожного регіону [1].

Ефективному використанню енергоресурсів сприяє закінчення розпочатої приватизації об'єктів енергетичної сфери, вдосконалення податкового та фінансовокредитного законодавства, подальшого розвитку бюджетного процесу, вдосконалення регіонального менеджменту, організації нових форм господарювання, використання сучасних методів маркетингу, просування енергозощаджуючих технологій, матеріалів, товарів і послуг на ринок. Вдосконалення управління енергетичними ресурсами є важливим завданням, що зумовлено залежністю України в отриманні необхідного обсягу енергоресурсів та постійним підвищенням їх вартості [1].

Енергоефективність передбачає вирішення широкого кола проблем та практичних заходів, пов'язаних з ефективним використанням енергії у промислово-виробничому комплексі, на державних та приватних підприємствах виробничої та невиробничої сфери, а також у муніципальному господарстві міст України. Енергоефективність передбачає економічну ефективність більш раціонального споживання енергії, яка не впливає на зниження виробничо-господарських показників і комфорту у будівлях та приміщеннях. Енергоефективність сприяє наповненню державного та місцевого бюджетів, зниженню собівартості продукції та послуг, створенню кращих умов праці для людей [1].

Україна відноситься до енергодефіцитних країн, яка задовольняє свої паливно-енергетичні потреби за рахунок власних ресурсів менше ніж на 50%. Енергоемність валового внутрішнього продукту (ВВП) в Україні в 2 рази перевищує енергоемність ВВП розвинутих країн світу. В зв'язку з тим важливою стратегічною лінією державної політики розвитку економіки і соціальної сфери є енергозбереження, що реалізовується шляхом розробки нових енергозберігаючих,

маловідходних і безвідходних технологій; ефективних систем і засобів контролю за енерговикористанням і захистом довкілля від забруднення та впровадження інтегрованого енергетичного та економічного менеджменту [2].

Метою дослідження в даній роботі є підвищення ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій, аналізу 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.

Поставленими задачами дослідження є:

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

Об'єктом дослідження є навчально-науковий корпус СумДУ за адресою вул. Римського-Корсакова, 2 та його системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження в роботі є енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваній будівлі а також у системах енергоспоживання.

Автором зібрано статистичні дані за минулі три роки щодо функціонування систем енергоспоживання будівлі. Проаналізовано режими та обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії, води.

Проведено порівняльний аналіз режимів енергоспоживання та витрат енергоресурсів з чинними в Україні нормативними показниками.

Виконано необхідні економічні розрахунки. Проведено аналіз потенційно-небезпечних факторів, які можуть виникнути в процесі експлуатації будівлі та систем енергоспоживання.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є навчальний корпус Сумського державного університету, який розташований за адресою: м.Суми, вул. Римського-Корсакова, 2 (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд фасаду будинку

Корпус представляє собою трьохповерхову будівлю, призначену для проведення навчального процесу.

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації:

- рік побудови 2012 р.;
- кількість поверхів 3 поверхи;
- опалювальна площа 5319,3 м²;
- площа забудови 3972,5 м²;

- опалювальний об'єм будівлі 29259 м³;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 352437 м³.

Склад людей: одночасно в будівлі знаходиться 900 осіб.

Графік роботи будівлі: робочі дні – пн-пт, вихідні – сб-нд.

Робочий день у будівлі: 08⁰⁰-17³⁰.

Обідня перерва: 12⁰⁰-12⁴⁵.

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від централізованої системи опалення.

Водопостачання та водовідведення будівлі здійснюється централізовано.

Гаряче водопостачання в будівлі - централізоване.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Зовнішні стіни виконані з стінової панелі 300 мм, утеплені пароізоляцією, мінеральною ватою та повітряною ізоляцією 100 мм, облицьовані алюмінієвою касетою 3 мм.

Покриття виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити 280 мм, покрита шаром руберойду 4 мм, та ізоверу.

Дах двоскатний виконаний з метало черепиці та обрешітки 100 мм.

Світлопрозорі конструкції (вікна) 1-3 поверхів виконані з пластикових профілів із заповненням однокамерними склопакетами.

При обстеженні було виявлено певну нерівномірність обігріву робочих кабінетів, в деяких приміщеннях спостерігався недогрів, а в деяких навпаки перегрів, що в свою чергу має вплив на працездатність людей

Підлога досліджуваної будівлі знаходиться в задовільному стані та має прийнятні теплові властивості. З точки зору теплових властивостей підлоги, на даний момент вона відповідає мінімальним вимогам, що встановлені українським законодавством. Енергоєфективні заходи з точки зору додаткової теплоізоляції підлоги не проводилися раніше.

1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

1.3.1 Система теплопостачання

Обстежуваний об'єкт має централізовану систему теплопостачання. Договір на теплопостачання укладений з ТОВ «Сумитеплоенерго». Гарячий теплоносій – вода. Дана будівля обладнана двотрубною вертикальною системою опалення з нижнім розподілом теплоносія. При двотрубній системі теплоносій подається по одній трубі, а відводиться по другій. Основною перевагою двотрубної системи є те, що надходження води відбувається з максимальною температурою до кожного нагрівального приладу. Недоліком такої системи є значна витрата труб та фасонних частин. Рух гарячого теплоносія відбувається зверху вниз через труби і опалювальні прилади.

Комунікації встановлені по всій будівлі і виготовлені переважно з сталі. Труби в неопалювальних приміщеннях і тепловому пункті ізолювані власними силами. Опалювальні прилади – біметалеві радіатори, на яких встановлені термостатичні регулятори.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є АТ «Сумиобленерго» на підставі Договору про постачання електричної енергії. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-237, що знаходиться на території університету. Живлення струмоприймачів споживача здійснюється по двох кабельних лініях 0,4 кВ.

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання корпусу здійснюється згідно договору з КП «Міськводоканал» СМР. Вода надходить до будівлі по зовнішнім мережам

водопроводів зі сторони вул. Охтирська. Зовнішні мережі водопроводу виконані із сталевих водопровідних труб \varnothing 100 мм. Тиск зовнішньої водопровідної мережі – $P_{\text{хв}}=0,35$ МПа. Водовідведення корпусу – централізоване.

Основними споживачами води є працівники та відвідувачі корпусу.

1.3.4 Система вентиляції

У будівлі встановлена механічна система вентиляції. Встановлена система може використовуватися для постачання свіжого повітря та витягу використаного повітря з будівлі. Система охоплює всю будівлю. Повітропроводи на даний час в задовільному стані. Вентиляційна установка в задовільному стані. В санітарних приміщеннях (туалетах) - встановлена витяжна система вентиляції.

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії здійснюється за допомогою теплового лічильника типу SENSUS «PolluTherm – X», (рис 1.2), термін повірки - 14 липня 2019 р.

Встановлений в тепловому пункті, на ввіді до будівлі перед елеваторним вузлом.



Рисунок 1.2 – Лічильник теплової енергії [3]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [3]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності	2
Живлення	Автономне
Довжина кабеля	2 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу Меридиан СО Э-1.02/2 електронний (рис. 1.3), термін повірки - 25 серпня 2019 р. Лічильник знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі.

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



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника «Меридіан» СОЭ-1.02/2Т [4]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	220 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 SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 (рис. 1.4), термін повірки – 14 серпня 2019 р. Встановлений приміщенні на вводі до будівлі.



Рисунок 1.4 – Лічильник холодної води [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника SENSUS типу WP-Dynamic 50/50[5]

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
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 11.11.2020 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 1211,3 грн/Гкал;

водопостачання – 9,792 грн/м³;

водовідведення – 9,624 грн/м³;

електрична енергія – 2,72 грн / кВт·год.

1.4 Аналіз обсягів споживання теплової енергії

Обсяги споживання теплової енергії Н корпусом по місяцях за 2017, 2018 і 2019 наведено в таблиці 1.4, та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.4 – Обсяги споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

Місяці	Споживання теплової енергії, Гкал		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	55,1	52,7	49,4

Продовження таблиці 1.4

Лютий	52,5	49,6	45,2
Березень	41,4	37,4	35,1
Квітень	28,3	25,1	23,7
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	20,7	18,4	15,9
Листопад	19,9	19,4	16,7
Грудень	18,2	17,4	15,4
Всього	236,1	220	201,4

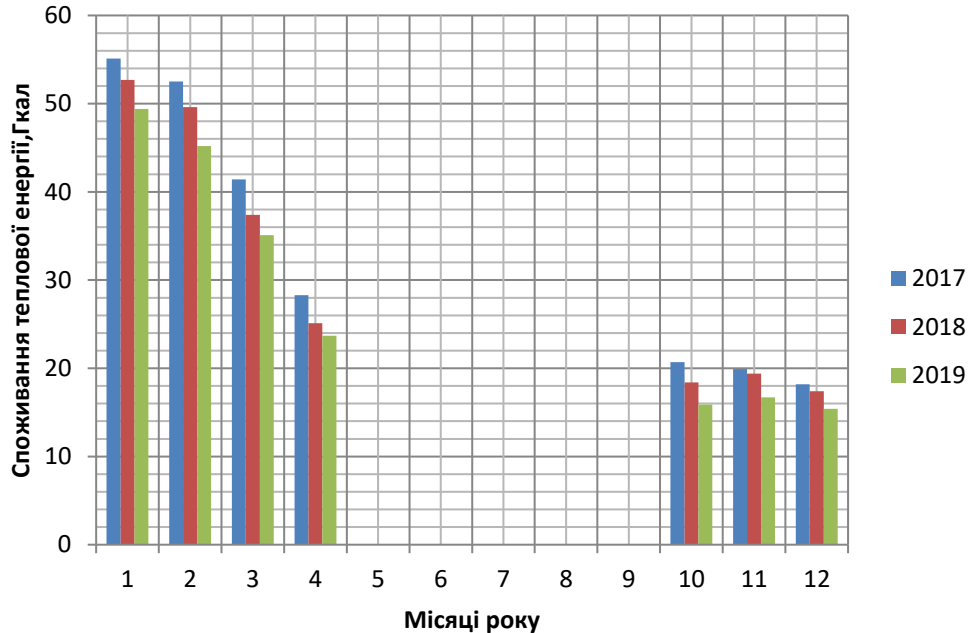


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

Як видно з діаграм, споживання теплової енергії корпусом зростає під час опалювального періоду. В інший час теплове навантаження будівлі знижується за рахунок зменшення тепlopостачання, а в літній період відсутнє зовсім.

Найбільшу кількість теплової енергії будівля споживає взимку, оскільки це найхолодніший період року.

1.5 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії Н корпусом по місяцях за 2017, 2018 і 2019 роки наведено в таблиці 1.5, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.5 – Обсяги споживання електричної енергії за 2017 – 2019 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	2849	3021	3015
Лютий	2601	2994	3024
Березень	2160	2456	2974
Квітень	1881	1984	1965
Травень	1310	1450	1442
Червень	1306	1354	1254
Липень	1316	1354	1298
Серпень	1357	1312	1289
Вересень	1354	1348	1310
Жовтень	1870	1845	1841
Листопад	2570	2354	2154
Грудень	2910	2940	2978
Всього	23484	24412	24544

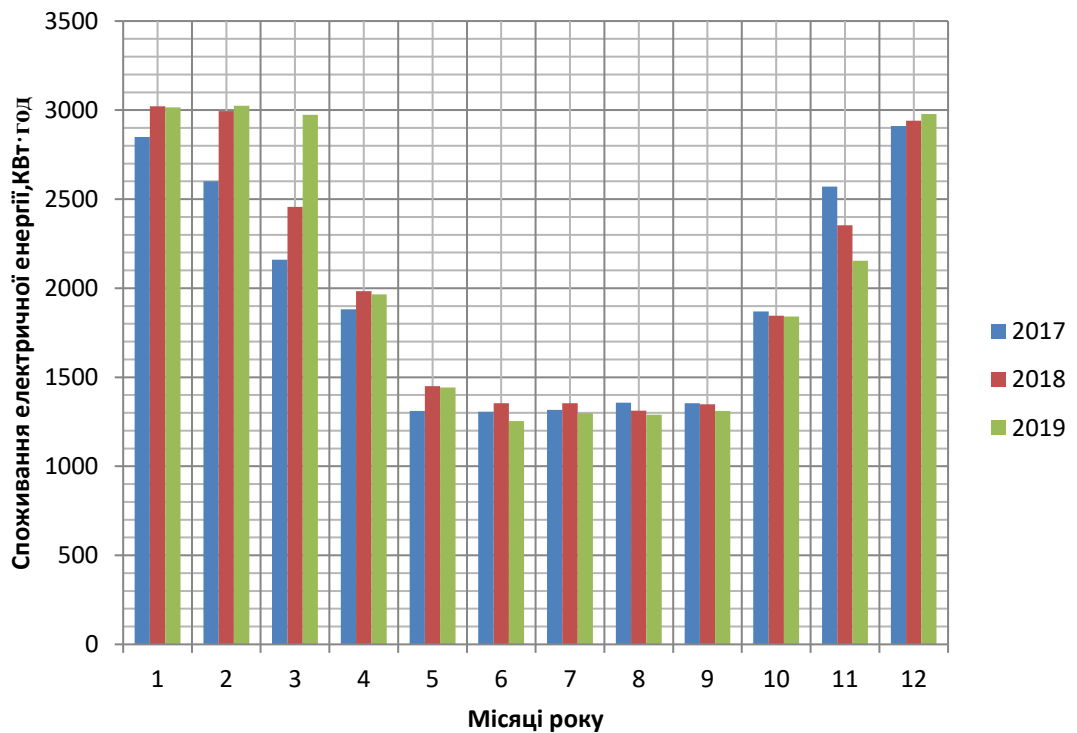


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

Річне споживання електричної енергії нерівномірне протягом року, оскільки взимку та восени тривалість світлового дня менше і на освітлення використовується більше часу.

1.6 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води Н корпусом по місяцях за 2017, 2018 і 2019 роки наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання холодної води за 2017 – 2019 роки

Місяці	Споживання холодної води, м ³		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	43	50	53
Лютий	40	52	60

Продовження таблиці 1.6

Березень	37	48	51
Квітень	32	33	32
Травень	23	22,3	21
Червень	22	21,7	23
Липень	18	17	18
Серпень	26	26	27
Вересень	35	43	38
Жовтень	35	39	41
Листопад	40	45	35
Грудень	32	37	42
Всього	383	434	441

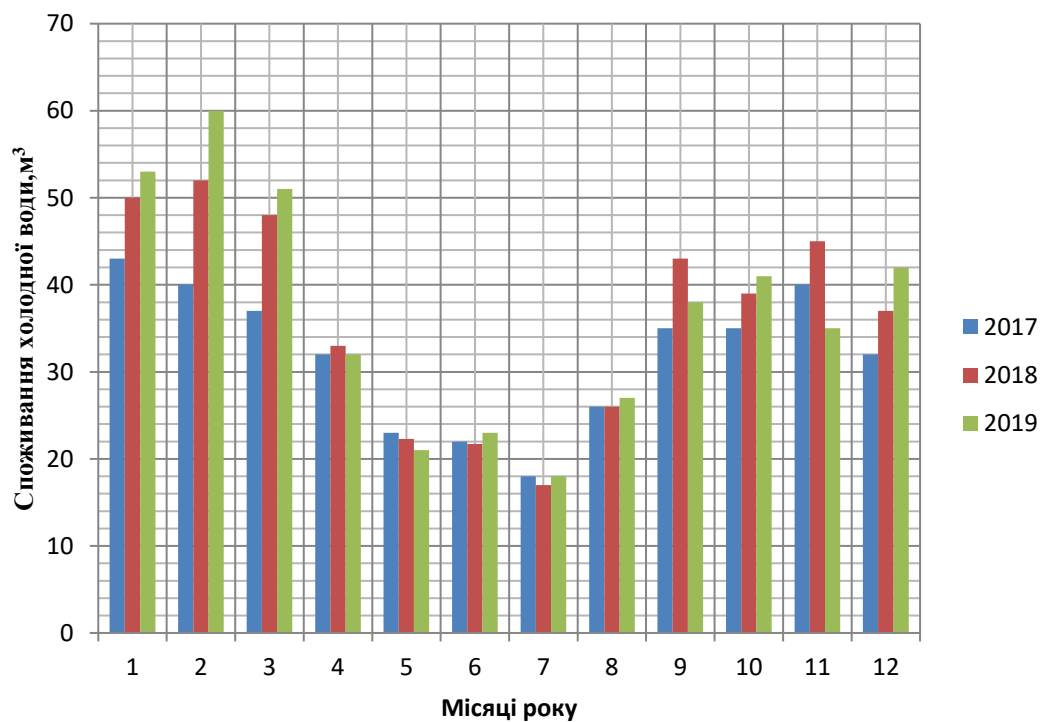


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання холодної води за 2017-2019 роки

Споживання води нерівномірне протягом року. Перепади у споживанні води пов'язані з тим, що у літній період значна кількість працівників йде у відпустку і у будівлі відсутній навчальний процес.

1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

1.7.1 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 [6]:

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

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 [6]:

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

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

EP_{\max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [6].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [6]:

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

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

- за 2017 рік – $Q_{оп} = 236,1$ Гкал;
- за 2018 рік – $Q_{оп} = 220$ Гкал;
- за 2019 рік – $Q_{оп} = 201,4$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2017 рік – $EP = 0,033$ Гкал/м³;
- за 2018 рік – $EP = 0,032$ Гкал/м³;
- за 2019 рік – $EP = 0,029$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,031$ Гкал/м³.

Отриманий результат по будівлі не відповідає нормативній умові (1.2).

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

1.7.2 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 [7] норма споживання електричної енергії для навчальних закладів складає 37 кВт·год/м² корисної площі.

$$\text{- 2017 рік: } \frac{24484 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{2480,4 \text{ м}^2} = 9,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2018 рік: } \frac{24412 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{2480,4 \text{ м}^2} = 9,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2019 рік: } \frac{24544 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{2480,4 \text{ м}^2} = 9,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

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

1.7.3 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 у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [8]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

$$\text{- 2017 рік } \left(\frac{383000 \text{ л}}{900} \right) / 280 \text{ днів} = 1,6 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2018 рік } \left(\frac{434000 \text{ л}}{900} \right) / 280 \text{ днів} = 1,7 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2019 рік } \left(\frac{441000 \text{ л}}{900} \right) / 280 \text{ днів} = 1,7 \text{ л/добу}.$$

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

1.8 Тенденції та перспективи розвитку альтернативної енергетики

За нинішніх темпів використання нафти та газу, цих ресурсів людству вистачить на 50 років [9]. У зв'язку з цим країни ЄС активно стимулюють запровадження альтернативних джерел енергії – до 2020 року їх частка в структурі виробництва електроенергії має скласти до 20%, а у 2030-му — вже 50% [9]. Плани України значно скромніші: відповідно до Енергетичної стратегії на період до 2035

року, частка відновлюваних джерел у генерації електроенергії у 2020 році має складати 7%, а в 2025 — понад 13% [9].

В Україні на сьогодні є всі передумови для його подальшого розвитку. З виходом з кризового економічного стану стане можливим розвиток промисловості, науково-технічної бази та іншої діяльності. Як і в усьому світі, зростання використання цих джерел є незворотнім [10]. Хоча поновлювані джерела енергії відіграють вирішальну роль в досягненні стратегічних цілей енергетики України, для підвищення потенціалу енергетичної ефективності необхідно враховувати також, зокрема, мета скорочення споживання природного газу [10]. Високі капітальні витрати створюють невизначеність для інвестицій в поновлювані джерела енергії, створюючи бар'єр в їх розвитку. Змінюється політика використання поновлюваних джерел енергії, також підсилює брак довіри для інвесторів. Тому протягом довгих періодів слід підтримувати прогнозовану і стабільну політику, щоб забезпечити безперервність інвестицій в технології використання поновлюваних джерел енергії [10]. Вкрай важливо, щоб при проектуванні сучасних систем враховувалися не тільки прямі економічні показники і миттєвий ефект, а комплексний результат впровадження технологій з урахуванням екологічної складової, тенденцій виснаження запасів тих чи інших ресурсів [10]. Негативне зовнішньоторговельне сальдо України в першу чергу обумовлено необхідністю імпорту газу, нафти та готових світлих нафтопродуктів. Ефективність використання енергоносіїв у перерахунку на одиницю продукції ВВП або на площу опалюваних будівель і споруд в Україні в рази нижче, ніж в розвинених індустріальних країнах [10].

За останні роки альтернативна енергетика стала предметом пильного інтересу і запеклих дискусій. Причиною тому можна назвати як зміни клімату та того факту, що середні світові температури продовжують рости з кожним роком, так і за численними висновками вчених в галузі геології, про вичерпання традиційних енергетичних ресурсів у вигляді нафти, газу і вугілля в природі. Виснажені ресурси, які ми використовуємо в якості палива, ставляться до які поновлюваних джерел енергії, що в підсумку призведе до повного виснаження [10].

При переробці і спалюванні вуглеводнів виділяється велика кількість парникових газів, які негативно впливають на клімат усієї планети. На Землі практично не залишилося енергетичних ресурсів. За прогнозами ООН, запаси традиційних джерел енергії вистачить ненадовго, наприклад нафти на 40 років, природного газу на 60 років, кам'яного і бурого вугілля на 150 років (рис 1.8) [10].

Прагнення знайти форми енергії, які дозволять скоротити залежність від викопного палива, вугілля та інших забруднюючих навколишнє середовище процесів, природним чином виросла. Наукова думка і прогрес не стоїть на місці і вже сьогодні видно явні перспективи повсюдного використання людиною альтернативних джерел енергії [10]. Завдяки вдосконаленню технологій і виробництва, вартість більшості форм альтернативної енергії знижувалася, в той час як ефективність зростала. Що ж таке альтернативна енергетика, якщо говорити простими і зрозумілими словами, і наскільки ймовірним є те, що вона стане основною? Очевидно, залишаються деякі суперечки щодо того, що означає «альтернативна енергія» і до чого це фразу можна застосувати [10]. З одного боку, цей термін можна віднести до форм енергії, які не призводять до збільшення вуглецевого сліду людства. Тому він може включати ядерні об'єкти, гідроелектростанції і навіть природний газ і «чисте вугілля» [10].

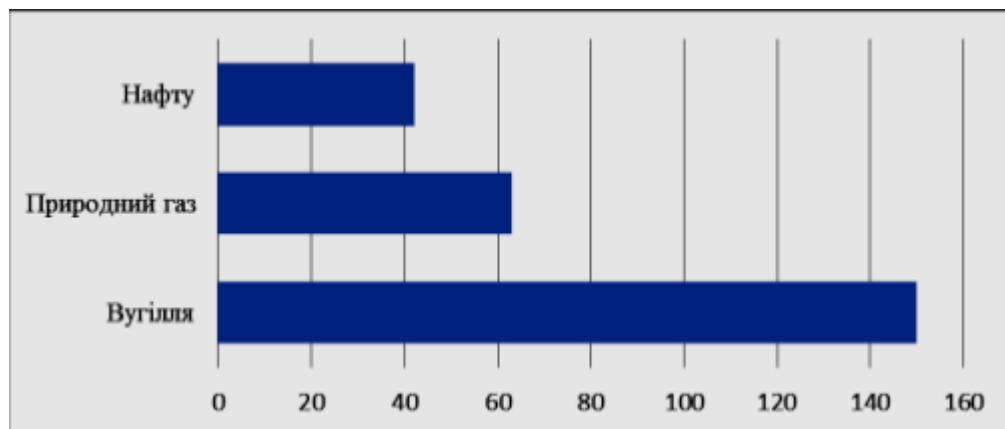


Рисунок 1.8 - Запаси традиційних джерел енергії на Землі, в роках

Альтернативні джерела енергії, не є викопним джерелом енергії, популярність якого продовжує зростати [10]. Вона має значний потенціал, щоб

замінити вуглеводні в майбутньому. Строго кажучи, існує багато видів альтернативної енергії. Знову ж таки, тут визначення заходять в глухий кут, тому що в минулому «альтернативною енергетикою» називали методи, використання яких не вважали основним або розумним. Але якщо взяти визначення в широкому сенсі, в нього увійдуть деякі або всі ці пункти [10].

Гідроенергетика - енергія, що виробляється з проточної води. Спеціально побудовані греблі використовують проточну воду для вироблення електроенергії з використанням турбін. Найбільш широко використовуються серед всіх альтернативних джерел енергії, в певних країнах, подібно Норвегії та Ісландії повністю покривають вимогам національної енергетики [10].

Ядерна енергія - енергія, яка виробляється в процесі реакцій уповільненої ділення. Уранові стрижні або інші радіоактивні елементи нагрівають воду, перетворюючи її на пару, а пара крутить турбіни, виробляючи електрику [10].

Сонячна енергія - енергія, отримана від сонячної радіації в різних формах. Фотовольтаїчні осередки (ФВ) (зазвичай складаються з кремнієвої підкладки, побудовані в великі масиви) перетворюють промені сонця безпосередньо в електричну енергію і концентрована сонячна електростанція (КСЕ) генерують електрику, коли сонячне світло потрапляє на фотоелемент. Вважається найпоширенішим джерелом енергії [10].

Енергія вітру - кінетична енергія, що генерується вітряними турбінами (електроенергія) або вітряними млинами (механічна енергія). Один з найбільш швидко зростаючих енергетичних секторів [10].

Геотермальна енергія - тепло з надр Землі. Енергія виходить шляхом передачі підземне тепло до поверхні за допомогою нагрітих ґрунтових вод або шляхом відкачування вода вниз від поверхні ..

Енергія припливів. Приливне протягом берегових ліній теж може використовуватися для вироблення електрики. Щоденну зміну припливів і відливів змушує воду протікати через турбіни назад і вперед. Виробляється електроенергія, яка передається на берегові електростанції [10].

Біомаса - загальна вага живих організмів, накопичених з плином часу. Спалювання органічних речовин є джерелом АЕ, оскільки рослини замінюють себе [10].

Водень - енергія, що отримується з процесів, що включають газоподібний водень. Сюди входять каталітичні перетворювачі, при яких молекули води розбиваються на частини і возз'єднуються в процесі електролізу; водневі паливні елементи, в яких газ використовується для живлення двигуна внутрішнього згорання або для обертання турбіни з підігрівом; або ядерний синтез, при якому атоми водню зливаються в контрольованих умовах, вивільняючи неймовірну кількість енергії [10].

Таким чином, проблеми глобального потепління, викидів вуглекислого газу в атмосферу і виснаження запасів традиційних джерел енергії привели до актуальності розвитку альтернативної енергетики. Альтернативна енергетика - сукупність перспективних способів отримання, передачі та використання енергії, які поширені, не так широко, як традиційні, проте представляють інтерес через вигідності їх використання, як правило, низький ризик заподіяння шкоди навколишньому середовищу [10].

2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ВИЗНАЧЕНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ.
ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ЗА КОЖНИМ ЕТАПОМ
РОЗРАХУНКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Розрахунок теплової потужності будівлі виконано згідно методики [11].

2.1 Розрахунок термічного опору огорожуючих конструкцій

Розрахунок термічного опору зовнішньої стіни [11]:

$$R_{\Sigma \text{ пр ст}} = 2,63 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Розрахунок термічного опору стелі [11]:

$$R_{\Sigma \text{ пр ст}} = 7,16 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Розрахунок термічного опору дверей [11]:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = 0,52 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Розрахунок термічного опору вікон [11]:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = 0,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Розрахунок термічного опору підлоги [11]:

Термічний опір кожної зони [11]:

$$\text{I зона} - R_{nz}^I = 2,34 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$\text{II зона} - R_{nz}^{II} = 4,44 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$\text{III зона} - R_{nz}^{III} = 8,74 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$\text{IV зона} - R_{nz}^{IV} = 14,34 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Фактичні та мінімальні значення термічного опору по кожній з огорджуючих конструкцій приведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку термічних опорів огорджуючих конструкцій

Огороджуюча конструкція		$R_{\Sigma np}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \min}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
Стіни		2,63	3,3
Стеля		7,16	4,95
Підлога	I зона	2,34	
	II зона	4,44	
	III зона	8,74	
	IV зона	14,34	
Вікна	ПВХ	0,4	0,75
Двері	ПВХ	0,44	0,6

2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі:

2.2.1 Тепловтрати через огорджуючі конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплені підлоги) згідно [11]:

Тепловтрати через зовнішні стіни:

$$Q_{0_{з.с.}} = \frac{4549,74}{2,63} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 77847,3 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через стелю:

$$Q_{0_{см}} = \frac{3972,5}{7,16} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 24966,8 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через вікна:

$$Q_{0_{ок}} = \frac{392,7}{0,4} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 44178,8 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через двері:

$$Q_{0_{дв}} = \frac{48,6}{0,44} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 4970,5 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через підлогу [11]:

$$Q_{0_{пл}} = \left(\frac{348}{2,34} + \frac{316}{4,44} + \frac{284}{8,74} + \frac{702}{14,34} \right) \cdot (20 - 4) = 4821,4 \text{ Вт.}$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції становлять [11]:

$$\sum Q_0 = 77847,3 + 24966,8 + 44178,8 + 4970,5 + 4821,4 = 156784 \text{ Вт.}$$

2.2.2 Додаткові тепловтрати через огорожуючі конструкції:

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків розраховуємо за методикою [11]:

$$Q_{op}^{\partial} = 77847,3 \cdot 0,13 = 10120,1 \text{Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей [11]:

$$Q_{з.д}^{\partial} = 4970,5 \cdot 3 = 14311,3 \text{Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті [11]:

$$Q_{подл}^{\partial} = 0,05 \cdot 4821,4 = 241,1 \text{Вт}.$$

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення:

$$Q_{в}^{\partial} = 0,02 \cdot 77847,3 = 1556,9 \text{Вт}.$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції становить [11]:

$$\sum Q_{\partial} = 10120,1 + 14311,3 + 241,1 + 1556,9 = 26229,4 \text{Вт}.$$

2.2.3 Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [11]:

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи [11]:

$$Q_{вкн}^{инф} = 0,28 \cdot 6 \cdot 392,7 \cdot 1,005 \cdot (20 + 25) = 29836,6 \text{Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи [11]:

$$Q_{з.д}^{инф} = 0,28 \cdot 259 \cdot 1,005 \cdot (20 + 25) = 3279,7 \text{Вт},$$

$$G_{z,d} = 0,005 \cdot ((2 + 1,3) \cdot 2) \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 3600 + 0,005 \cdot ((2,7 + 1,8) \cdot 2) \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 3600 +$$

де

$$+ 0,005 \cdot (1,25 + 2) \cdot 2) \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 259 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}$$

Сумарні додаткові втрати теплоти через інфільтрацію холодного повітря становлять:

$$\sum Q_{inf} = 29836,6 + 3279,7 = 33115,7 \text{ Вт}.$$

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщення становлять [11]:

$$\sum Q_{emp} = 156784 + 26229,4 + 33115,7 = 216129,1 \text{ Вт}.$$

Графічне зображення тепловтрат приведено на рисунку 2.1.

Основні види тепловтрат

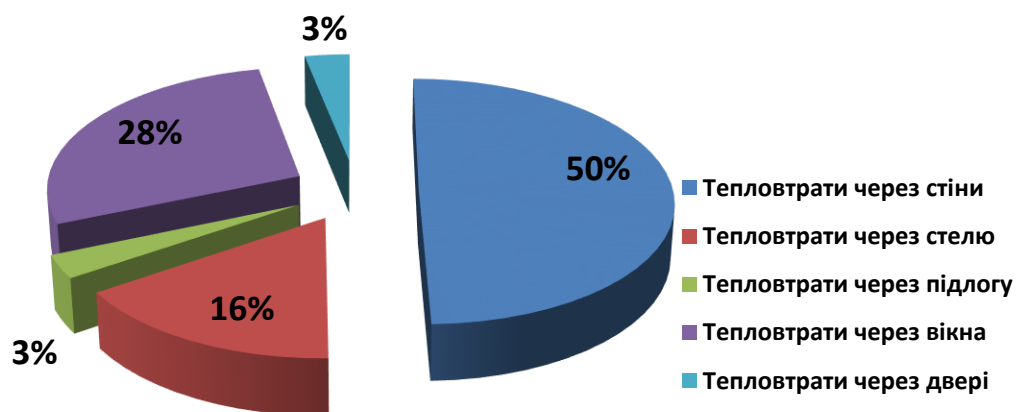


Рисунок 2.1 – Основні види тепловтрат в будівлі

2.3 Розрахунок тепло надходжень згідно [11]:

Теплонадходження від людей [11]:

$$Q_{\text{л}} = 900 \cdot 100 = 90000 \text{Вт}.$$

Теплонадходження від працюючого електроустаткування, зокрема комп'ютерів [9]:

$$Q_{\text{ел}} = 50 \cdot 420 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,15 = 2866,5 \text{Вт}.$$

Теплонадходження від джерел освітлення [9]:

$$Q_{\text{осв}} = 100 \cdot 150 \cdot 0,95 \cdot 0,9 + 18 \cdot 70 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 13505,4 \text{Вт}.$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять [11]:

$$Q_{\text{тн}} = 90000 + 2866,5 + 13505,4 = 106371,9 \text{Вт}.$$

2.4 Розрахунок теплової потужності

Теплова потужність всієї будівлі [11]:

$$\Delta Q = 216129,1 - 106371,9 = 109757,2 \text{Вт}.$$

Річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ будуть становити [11]:

$$Q_{\text{оп}} = 109757,2 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 234254,1 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

2.5 Розрахунок теплового насоса для системи теплопостачання

Тепловий насос, що забезпечує необхідну роботу систему теплопостачання, 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 теплопостачання для потреб опалення корпусу.

Методику розрахунку теплового насоса наведено в [12].

Опалювальна площа корпусу: $F_{оп} = 5319,3 \text{ м}^2$.

Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб опалення, з урахуванням годин його роботи [12]:

$$P_{он} = \frac{109757,2 \cdot 24}{(20 + 2)} = 119735,1 \text{ Вт}.$$

Необхідний об'єм бака-акумулятора:

$$V_{бак} = \frac{P_{ТН} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{119735,1 \cdot 3600}{1000 \cdot 4200 \cdot (35 - 0)} = 2,9 \text{ м}^3 = 2900 \text{ л}.$$

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

$$L_c = \frac{10^3 \cdot P_{ТН}}{q_c} \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) \text{ м} \quad (2.24)$$

Де $P_{ТН}$ – потужність насоса [12].

q_c – питомий тепловий потік. Приймаємо 50 Вт/м (середнє значення для вертикальних колекторів) [12].

φ - коефіцієнт перетворення ТН [12].

$$L_c = \frac{119735,1}{50} \left(\frac{5,01-1}{5,01} \right) = 1818,м$$

Кількість зондів вибрано $n=30$. Отже довжина одного зонду $L=61$ м. Місце для розміщення – територія навколо корпусу.

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу NIBE (рис.2.2) [13].



Рисунок 2.2 – Тепловий насос NIBE

NIBE 1345 – це найпотужніший тепловий насос ґрунт-вода або вода-вода з лінійки двохкомпресорних з одним фреоновим контуром [13]. Принципова схема розміщення теплового насоса зображена на рисунку 2.3 [13].



Рисунок 2.3 – Принципова схема розміщення теплового насосу

Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусканалагоджувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 12200$ євро [13] (Станом на 12.11.2020 року 1 євро= 33,4 грн.) Тоді $K = 12200 \cdot 33,4 = 407480$ грн.

Монтаж теплового насосу складає 30 % від його вартості.

Тоді загальна вартість теплового насосу складає:

$$K_n = 407480 \cdot 1,3 = 529724 \text{ грн.}$$

За опалювальний рік будівлею споживається теплової енергії (в грошовому еквіваленті):

$$\Delta E = 201,4 \cdot 1211,3 = 243955,8 \text{ грн} \quad (2.25)$$

Простий термін окупності

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{529724}{243955,8} = 2,2 \text{ роки.}$$

Для забезпечення будівлі електричною енергією виконаємо розрахунок вітрової установки та сонячних панелей. Для забезпечення будинку необхідною кількістю електричної енергії необхідно 100 кВт·год електричної енергії на добу в зимовий період та 40 кВт·год в літній період (згідно даних таблиці 1.5).

2.6 Розрахунок вітрової установки

Вітрогенератор (вітрова турбіна) – пристрій для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну, що складається з вітрової турбіни, електрогенератора та допоміжного обладнання [14].

Розрахунок проводимо за методикою [14].

Тому розрахунок виконаємо для зимового періоду.

Також врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 20%.

$$P^{заз} = 50 \cdot 1,2 = 60 \text{кВт} \cdot \text{год}.$$

Встановимо три генератори EuroWind 20 (рис 2.4), які працюватимуть в одній системі. Тим паче, що вільне місце для установки вітрогенераторів в даному випадку не критично - є вільна площа навколо будівлі.

Технічні характеристики даного типу вітрогенератора [14]:

Потужність: 20 кВт.

Номінальна напруга: 220В (вбудований випрямляч).

Маса генератора: 3465 кг.

Кількість лопатей: 3 шт.

Стартова швидкість: 2 м/с.

Номінальна швидкість: 12м/с.



Рисунок 2.4 – Вітрогенератор EuroWind 20

Виконаємо підбір акумулятора.

У цьому комплексі практично відсутні великі перерви у використанні електроенергії, а постійні вітри підтримують рівномірний рівень заряду акумуляторів.

В цьому випадку потрібні акумулятори, які будуть своєрідним "буфером" між генератором і інвертором. Їх головне завдання полягатиме в стабілізації і випрямленні напруги, а не накопиченні електроенергії [14].

Генератор EuroWind 10 має напругу 240 Вольт, тому йому потрібно 20 акумуляторів з напругою 12 Вольт ($12\text{В}\cdot 20=240\text{В}$) [14]. Одна акумуляторна батарея 12В 150Ач здатна зберегти до 1,8 кВт електроенергії. Двадцять таких батарей можуть зберегти до 36 кВт ($1800\text{Вт}\cdot 20=36000\text{Вт}$). Запасу електроенергії в 36 кВт повинно вистачити майже на 5 годин безперервної роботи при середньому навантаженні при повній відсутності вітру. Для цього нам підійдуть 20 акумуляторних батарей 12В з місткістю 150Ач [14].

Для резервного забезпечення теплового насоса можна встановити трифазну бензинову або дизельну електростанцію потужністю 4 кВт, оскільки громадська електромережа не зможе забезпечити трифазний струм для резервного живлення теплонасоса [14].

Вартість шести вітрових установок, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 27000$ євро [14] (Станом на 03.11.2020 року 1 євро= 33,38 грн.) Тоді $K = 27000 \cdot 33,38 = 901260$ грн.

Монтаж установки складає 10 % від її вартості:

$$K = 901260 \cdot 1,1 = 991386 \text{грн.}$$

2.7 Розрахунок фотоелектричних панелей для виробництва електричної енергії

Обираємо сонячні панелі ZNSHINE SOLAR ZXМ6-Н156 (рис.2.6) [15].

Врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 10%.

$$W_3^{зар} = 50 \cdot 1,2 = 55 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

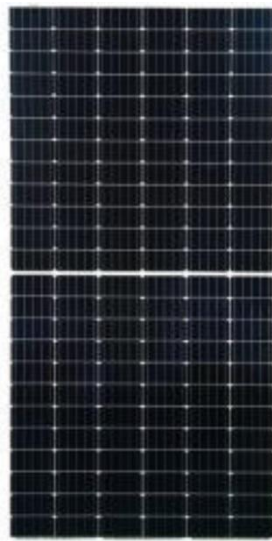


Рисунок 2.6 – Вигляд сонячної панелі [15]

Потужність електричної енергії, що виробляється за допомогою однієї панелі:

$$W_3 = 0,5 \cdot 0,425 = 0,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

де 0,5 – поправковий коефіцієнт для зимового періодів відповідно [13];

0,425 – потужність однієї панелі, кВт/год

Необхідна кількість панелей згідно [13]:

$$N = \frac{W_3^{зар}}{W} \quad (2.26)$$

Для зимового періоду:

$$N_3 = \frac{55}{0,2} = 275 \text{ панелей.}$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 275 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 1020x2188 мм [15].

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [13]:

$$Q = \frac{Q_3'' \cdot t}{V \cdot k} \quad (2.27)$$

де t – час, на який потрібно зарезервувати електричну енергію, год;

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{55 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 78,6 \cdot \text{год.}$$

Обираємо акумулятор LUXEON LX12-80MG - 12В - 80 А/ч [16].

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 28000$ євро [14] (Станом на 03.11.2020 року 1 євро= 33,38 грн.) Тоді $K = 28000 \cdot 33,38 = 913000$ грн.

Монтаж установки складає 10 % від її вартості:

$$K = 913000 \cdot 1,1 = 1004300 \text{ грн.}$$

Розраховані проекти спрямовані на відмову у використанні електричної енергії із зовнішньої електромережі.

За 2019 рік було спожито близько 24544 кВт/год електричної енергії. В грошовому еквіваленті це складає:

$$\Delta E = 24544 \cdot 2,72 = 66759,7 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності даних заходів складає:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E}. \quad (2.27)$$

$$T_{ок} = \frac{991386 + 1004300}{66759,7} = 30 \text{ років.}$$

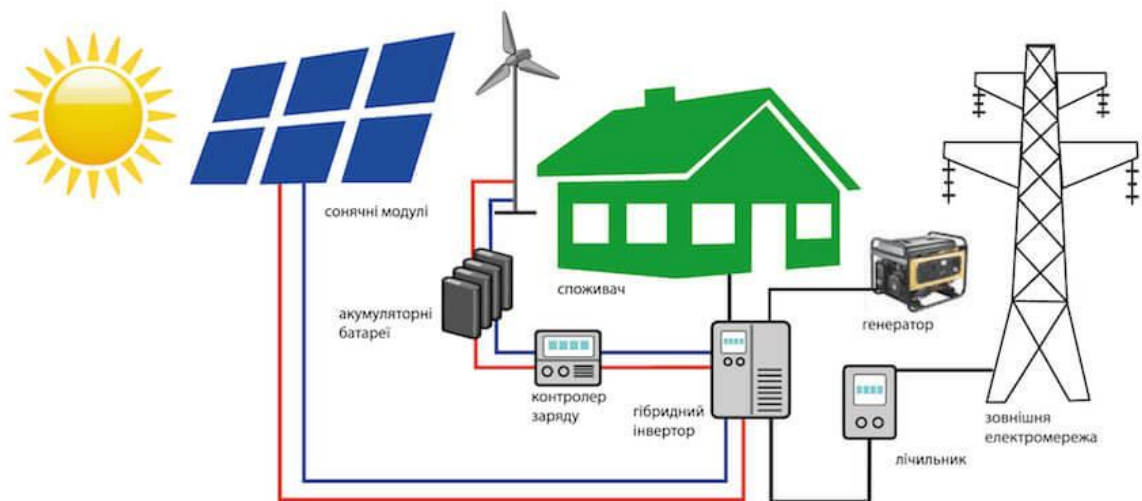


Рисунок 2.8 – Принципова схема встановлення сонячних панелей [17]

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті

Під час роботи на об'єкті на енергменеджера можуть впливати один, або низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути визначена за їх кількістю і за ступенем небезпеки кожного з них зокрема. Безпека праці на виробництві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів [18].

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні [19]. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші - на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

3.1.1 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів

Електробезпека

На основі «Правила улаштування електроустановок» [20] практично всі приміщення відносяться до 2-ої категорії «Приміщення з підвищеною небезпекою», оскільки в них розміщені персональні комп'ютери, кондиціонери.

У приміщеннях відсутні відкриті струмопровідні частини. Ураження електричним струмом можливо тільки у разі несправності апаратури і живлячих кабелів. Вся електропроводка проводиться в захищених від людини місцях, що виключає можливість пошкодження її ізоляції працівниками.

Для захисту від ураження електричним струмом в будівлі наявні:

- заземлення всіх установок з опором не більш 4 Ом;

- застосовується прихована електропроводка в захищаючих від механічних пошкоджень трубах;
- маркіровані роз'єми і розетки;
- аварійні рубильники виключення всього електроживлення.

Пожежна безпека

Пожежу супроводжують такі небезпечні фактори: відкритий вогонь та іскри, висока температура повітря, предметів, обладнання, токсичні продукти горіння, дим, низька концентрація кисню, обвалення, пошкодження будинків та споруд, вибух.

Приміщення будівлі оснащено первинними засобами пожежогасіння: внутрішніми пожежними водопроводами, ручними вогнегасниками. Згідно з ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [21] будівля відноситься до категорії В пожежної безпеки приміщень. Пожежні крани встановлені в коридорах, на майданчиках сходових кліток, коло входів. Щити протипожежного захисту повинні оснащені ручними вогнегасниками. Для гасіння пожеж в замкнутих об'ємах, якими і є приміщення, застосовують вуглекислий газ для припинення подачі кисню повітря до вогнища спалаху.

Первинними засобами пожежогасіння можуть слугувати ручні вогнегасники типу: ОУ-6 і ОУ-8.

Мікроклімат в приміщенні

Мікрокліматичні умови характеризуються такими показниками:

- температура повітря,
- відносна вологість повітря,
- швидкість руху повітря,

В приміщенні проводяться роботи легкої категорії (Ia). Тобто майже всі роботи виконуються сидячи та супроводжуються незначним фізичним напруженням.

В таблиці 3.1 приведені оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень.

Таблиця 3.1 – Оптимальні та фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень для легкої категорії робіт (Ia).

Період року	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	Оптим.	Фактична	Оптим.	Фактична	Оптим.	Фактична
Холодний	20-22	20-21	40-60	58	≥ 0,1	0,02-0,18
Теплий	23-25		40-60		≥ 0,2	

Аналізуючи дані, можна сказати що температура, вологість в приміщеннях задовільна.

Освітлення робочої зони

Освітлення робочого місця – найважливіший чинник створення нормальних умов праці. У даній будівлі застосовується комбіноване освітлення, яке складається із загального та місцевого. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

Природне освітлення здійснюється через світлові отвори (вікна) в приміщеннях. Штучне освітлення приміщень здійснюється люмінесцентними лампами та лампами розжарювання.

Коефіцієнт природнього освітлення (при боковому освітленні) в приміщенні для зорової роботи IV (в) точності має становити $e_n = 1,5 \%$.

Освітленість робочої поверхні має відповідати нормам встановленим ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [22] для зорової роботи IV в точності і становити 300 лк.

Шум

У приміщеннях, де встановлена обчислювальна техніка і електронні пристрої основним джерелом шуму є вентилятори охолодження блоків апаратури, а також кондиціонери,. Шум вентиляторів є середньочастотним. Рівень шуму в приміщеннях для теоретичних робіт і обробки даних, а також для операторів ЕОМ повинен бути не більше 50 дБА [23].

3.2 Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті

Вимірювання – це відображення фізичних величин їх значеннями за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів [24].

У сфері безпеки життєдіяльності все метрологічне забезпечення має базуватися на сукупності санітарно-гігієнічних норм, затверджених Міністерством охорони здоров'я України. Однак, це можливо тільки в умовах, коли встановлені норми задовольняють основні вимоги метрології [24].

Ці вимоги, насамперед, встановлюють вказівки необхідної точності вимірювань нормованих величин. Відповідно визначаються вимоги до характеристик вимірювальних приладів, методик вимірювань і т. ін. відносно їх точності. Відсутність даних про значеннях точності, що вимагається, чи недостатньо обґрунтовані значення приладів викликають серйозні економічні і соціальні наслідки [24].

Вимірювання повинно виконуватись тільки тими працівниками, яким це доручено безпосередньо керівником, і проводити їх справними та перевіреними приладами [24].

Вимірювальні прилади повинні використовуватися у відповідності до експлуатаційних інструкцій, що додаються до кожного приладу [24].

Всі працівники, які займаються вимірювальними роботами, повинні раз на рік проходити перевірку знань правил безпеки з фіксацією результатів перевірки знань в спеціальному журналі та у посвідченнях про перевірку знань з охорони праці цих працівників [24].

– переконатися в достатній освітленості робочого місця; при недостатньому освітленні задіяти переносні освітлювальні пристрої [24].

При проведенні вимірювань на об'єкті необхідно [24].

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- мати чітке уявлення про небезпеку електричного струму і заходах по попередженню нещасних випадків;

– користуватись спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту;

– пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та відповідальність за товаришів по роботі [24].;

– виконувати вимірювальні роботи на висоті тільки з риштувань, помостів чи драбин;

– при вимірюваннях виключити можливість наближення до частин, які знаходяться під напругою;

– при вимірюваннях параметрів в системі теплопостачання (тиск, температура) необхідно дотримуватись.

– переконатися в достатній освітленості робочого місця; при недостатньому освітленні задіяти переносні освітлювальні пристрої;

Безпека проведення вимірювальних і випробувальних робіт повинна забезпечуватися захистом від можливих негативних впливів природного характеру і погодних умов [24]. Небезпечні зони на території організації, у виробничих будівлях і спорудах, на робочих майданчиках, робочих місцях, повинні бути позначені відповідними знаками безпеки [24]. При проведенні випробувань (вимірювань) приєднання вимірювальних приладів, а також встановлення і зняття

електролічильників для їх перевірки виконуються тільки після зняття напруги. Приєднання і від'єднання засобів випробувань (вимірювань) на об'єктах випробувань (вимірювань), що мають рухомі частини, необхідно виконувати після повної зупинки цих частин. Також необхідно запобігати непередбаченому пуску таких об'єктів під час виконання з'єднань [25].

3.3 Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!»

З метою привернення уваги населення до початку передачі термінової інформації територіальними органами цивільного захисту включаються сирени, наявні на відповідній території, а також у запису мережею телебачення і радіомовлення, що означає подачу попереджувального сигналу оповіщення «УВАГА ВСІМ!» [26]. Почувши такий сигнал, негайно увімкніть радіоприймач або телевізор і слухайте повідомлення управління з питань надзвичайних ситуацій. На кожний вид надзвичайної ситуації підготовлені варіанти текстових повідомлень. Після подачі звукового сигналу сирени передається мовна інформація про надзвичайну ситуацію. Вислухавши повідомлення, кожен громадянин повинен діяти без паніки відповідно до отриманих вказівок [26]. У повідомленні міститься інформація про надзвичайну ситуацію, місце і час її виникнення; територію (район, масиви, вулиці, будинки тощо), яка потрапляє в осередки (зони) ураження; порядок дій при надзвичайних ситуаціях та іншу інформацію [26]. Кожний громадянин, який перебуває на роботі, повинен виконувати всі розпорядження керівника суб'єкта господарювання і діяти відповідно до вказівок органів управління цивільного захисту [26].

Якщо ви перебуваєте вдома, при виникненні надзвичайної ситуації слід: тримати постійно включеними радіоприймачі, телевізори, щоб слухати розпорядження і вказівки органів виконавчої влади, управління з питань надзвичайних ситуацій; повідомити сусідів про отриману інформацію; привести у готовність засоби індивідуального захисту органів дихання і шкіри, при їхній

відсутності приготувати найпростіші засоби (повсякденний одяг, взуття, марлеві пов'язки, плівку тощо); постійно тримати при собі засоби індивідуального захисту, підготувати медичну аптечку, документи, засоби зв'язку, особистої гігієни, запас їжі, питної води і т.д.; провести в квартирі (будинку) протипожежні заходи (вимкнути газ, електропостачання тощо), закрити вікна, кватирки, ущільнити їх; уточнити місце найближчого укриття (підвального приміщення), де можна сховатися [26]. Якщо сигнал оповіщення застав вас у транспорті, громадському місці (магазині, театрі, на ринку тощо) необхідно уважно і спокійно вислухати повідомлення, визначитися, де поблизу є сховище, укриття і як можна швидше до нього дістатися. Якщо дозволяє час, можна добратися до свого помешкання і діяти відповідно до отриманих вказівок [26].

Підготовка оселі:

- нанести захисні смуги зі скочу (паперу, тканини) на віконне скло для підвищення його стійкості до вибухової хвилі та зменшення кількості уламків і уникнення травмування у разі його пошкодження [27];
- по можливості обладнайте укриття у підвалі, захистіть його мішками з піском, передбачте наявність аварійного виходу [27];
- при наявності земельної ділянки обладнайте укриття на такій відстані від будинку, яка більше його висоти [27];
- зробити вдома запаси питної та технічної води ;
- зробити запас продуктів тривалого зберігання;
- додатково укомплектувати домашню аптечку засобами надання першої медичної допомоги;
- підготувати (закупити) засоби первинного пожежогасіння;
- підготувати ліхтарики (комплекти запасних елементів живлення), гасові лампи та свічки на випадок відключення енергопостачання;
- підготувати (закупити) прилади (примус) для приготування їжі у разі відсутності газу і електропостачання [27];

- підготувати необхідні речі та документи на випадок термінової евакуації або переходу до захисних споруд цивільної оборони або інших сховищ (підвалів, погребів тощо) [27];
- особистий транспорт завжди мати у справному стані і запасом палива для виїзду у небезпечний район;
- при наближенні зимового періоду необхідно продумати питання щодо обігріву оселі у випадку відключення централізованого опалення.

Правила поведінки в умовах надзвичайних ситуації воєнного характеру[27].

Необхідно:

- зберігати особистий спокій, не реагувати на провокації [27];
- не сповіщати про свої майбутні дії (плани) малознайомих людей, а також знайомих з ненадійною репутацією [27];
- завжди мати при собі документ (паспорт) що засвідчує особу, відомості про групу крові своєї та близьких родичів, можливі проблеми зі здоров'ям (алергію на медичні препарати тощо) [27];
- знати місце розташування захисних споруд цивільної оборони поблизу місця проживання, роботи, місцях частого відвідування (магазини, базар, дорога до роботи, медичні заклади тощо). Без необхідності старатися як найменше знаходитись поза місцем проживання, роботи та малознайомих місцях [27];
- при виході із приміщень, пересуванні сходами багатоповерхівок або до споруди цивільної оборони (сховища) дотримуватись правила правої руки (як при русі автомобільного транспорту) з метою уникнення тисняви. Пропускати вперед та надавати допомогу жінкам, дітям, перестарілим людям та інвалідам, що значно скоротить терміни зайняття укриття;
- уникати місць скупчення людей [27];
- не вступати у суперечки з незнайомими людьми, уникати можливих провокацій;
- у разі отримання будь-якої інформації від органів державної влади про можливу небезпеку або заходи щодо підвищення безпеки передати її іншим людям (за місцем проживання, роботи тощо);

- при появі озброєних людей, військової техніки, заворушень негайно покидати цей район [27];
- посилювати увагу і за можливості, також залишити цей район, у разі появи засобів масової інформації сторони-агресора;
- орієнтуються на місцевості, розмовляють з акцентом, не характерна зовнішність, протиправні і провокативні дії, проведення незрозумілих робіт тощо) негайно інформувати органи правопорядку, місцевої влади, військових [27];
- у разі потрапляння у район обстрілу сховатись у найближчу захисну споруду цивільної оборони, сховище (укриття). У разі відсутності пристосованих сховищ, для укриття використовувати нерівності рельєфу, (канави, окопи, заглиблення від вибухів тощо). У разі раптового обстрілу та відсутності поблизу споруд цивільного захисту, сховища і укриття – лягти на землю головою в сторону, протилежну вибухам. Голову прикрити руками (за наявності, для прикриття голови використовувати валізу або інші речі). Не виходьте з укриття до кінця обстрілу [27];
- надавати першу допомогу іншим людям у разі їх поранення. Визвати швидку допомогу, представників ДСНС України, органів правопорядку за необхідності військових [27];
- у разі, якщо ви стали свідком поранення або смерті людей, протиправних до них дій (арешт, викрадення, побиття тощо) постаратися з'ясувати та зберегти як найбільше інформації про них та обставини події для надання допомоги, пошуку, встановлення особи тощо. Необхідно пам'ятати, що Ви самі або близькі Вам люди, також можуть опинитись у скрутному становищі і будуть потребувати допомоги [27].

Не рекомендується:

- підходити до вікон, якщо почуєте постріли;
- спостерігати за ходом бойових дій;
- стояти чи перебігати під обстрілом;
- конфліктувати з озброєними людьми;

- носити армійську форму або камуфльований одяг;
- демонструвати зброю або предмети, схожі на неї;
- підбирати покинуті зброю та боєприпаси.

При виявленні вибухонебезпечних предметів забороняється:

1. перекладати, перекочувати з одного місця на інше;
2. збирати і зберігати, нагрівати і ударяти;
3. намагатися розряджати і розбирати;
4. виготовляти різні предмети;
5. використовувати заряди для розведення вогню і освітлення;
6. приносити в приміщення, закопувати в землю, кидати в колодязь чи річку.

Виявивши вибухонебезпечні предмети, вживайте заходів з означення, огороження і охорони їх на місці виявлення. Негайно повідомте про це територіальні органи ДСНС та МВС за телефоном «101» та «102» [27].

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи був проведений аналіз ефективності енергопостачання корпусу Н Сумського державного університету, який знаходяться за адресою: м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

У розділі «ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ» після проведення візуального обстеження описано дійсний стан будівлі, розглянуто обсяги споживання теплової енергії, води та електричної енергії та виконано техніко-економічний аналіз енергоносіїв.

У розділі «ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ВИЗНАЧЕНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ; ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ЗА КОЖНИМ ЕТАПОМ РОЗРАХУНКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ» виконано розрахунок енергетичного балансу будівлі. Проведені розрахунки теплової потужності будівлі, та визначено опір теплопередачі огорожувальних конструкцій. Визначено основні види тепловтрат та теплонадходжень в будівлі. Теплова потужність будівлі склала $\Delta Q = 109757,2 \text{ Вт}$.

З метою відмови від використання системи централізованого тепlopостачання запропоновано встановлення теплового насосу для потреб опалення:

- капітальні витрати на впровадження даного заходу складають: $K = 529724$ грн;
- економія в грошовому еквіваленті: $\Delta E = 243955,8$ грн;
- термін окупності $T_{ок} = 2,2$ роки.

З метою виробництва електричної енергії для власних потреб було запропоновано встановлення сонячних панелей та встановлення вітрогенератора. Для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 275 фотоелектричних панелей та три вітрогенератора.

- Капітальні витрати на впровадження даних заходів складають: $K = 1995686$ грн;
- економія в грошовому еквіваленті: $\Delta E = 66759,7$ грн;
- термін окупності $T_{ок} = 30$ років.

В розділі ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ розглянуто питання:

1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті.

2 Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті.

3 Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Підвищення енергоефективності – запорука забезпечення енергетичної незалежності України [електронний ресурс] Режим посилання: http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=745:pidvishchennya-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350
2. Енергонезалежні будівлі та відновлювальні джерела енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://civilbud.com.ua/index.php/articles/tehnologii/315-energonezalezni-budivli-ta-vidnovluvalni-dzherela-energii>
3. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <http://isker.com.ua/ru/category/pollutherm-slovakia-prais>
4. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://galychenergo.prom.ua/p350406523-lichilnik-elektroenergiyi-odnofaznij.html>
5. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <http://ve-ltd.com.ua/katalog-tovarov/schetchiki-vody/schetchik-vody-sensus-sensus-wp-dynamic-50-50-du50-kh-v-detail>
6. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
7. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/REG4396.html
8. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal.sumy.ua>
9. Українська альтернативна енергетика [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bakertilly.ua/news/id44270>
10. Тенденції та перспективи розвитку альтернативної енергетики в Україні [електронний ресурс] Режим посилання: <http://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/Alternativna-energetika.pdf>
11. 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.

12. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: konomteplo.com.ua/teplovi-nasosy/teplovi-nasosy-nibe/gruntovi-teplovi-nasosy-pompy-nibe/nibe-f1345-gruntovyj-teplovuj-nasos/nibe-f1345-60-kvt/

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

14. Вітрогенератор [електронний ресурс] Режим посилання: http://ecost.lviv.ua/ua/osnov_parametr.html

15. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya-znshine.html?gclid=Cj0KCQiA-rj9BRCAARIsANB_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9HEACwAJAVoaAhRtEALw_wcB

16. Акумуляторна батарея [електронний ресурс] Режим посилання: https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya-znshine.html?gclid=Cj0KCQiA-rj9BRCAARIsANB_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9HEACwAJAVoaAhRtEALw_wcB

17. Принципова схема встановлення сонячних панелей [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ecolog-ua.com/news/zelenyy-taryf-v-ukrayini-istoriya-dynamika-perspektyvy>

18. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання: https://pidruchniki.com/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv

19. Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів [електронний ресурс] Режим доступу: <http://ua-referat.com/>

20. « Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості Україну - – Київ, 2017 р. – 600 с.

21. ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [електронний ресурс] Режим посилання: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60541

22. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2019 – 180 с.

23. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», Київ, 1999 р. – 34с.

24. Вимірювання [електронний ресурс] Режим посилання: <https://kodeksy.com.ua/dictionary/v/vimiryuvannya.htm>

26. Вимірювання [електронний ресурс] Режим посилання: http://portal.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/08/16_Instrukciia_po_OT_pri_provedenii_elektrotekhnicheskikh_ishpytanii.pdf

27. ПРАВИЛА ПОВЕДІНКИ НАСЕЛЕННЯ ПРИ ВИНИКНЕННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.if.gov.ua/files/Памятка%20для%20УНС.pdf>

28. Дії населення при надзвичайних ситуаціях [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Diyi-naselennya-v-umovah-nadzvichaynih-situaciy-viyskovogo-harakteru.html>