

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

Серета Ірина Валеріївна

ТЕМА: «ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ З
МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ КОРПУСУ М 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)

Суми – 2020

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Студента _____
Середа Ірина Валеріївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Використання альтернативних джерел енергії з метою підвищення енергонезалежності корпусу М 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

V – об'єм, м^3 ;

T – температура, $^{\circ}\text{C}$;

L – довжина, м.

H – висота, м;

Індекси та скорочення

c – питома теплоємність повітря.

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу.

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

$t_{в}, t_{з,p}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря.

Абревіатура

ПЕР – Паливно-енергетичні ресурси.

СЕС – Сонячна електрична станція.

ТН – Тепловий насос

СОР – коефіцієнт перетворення теплового насоса.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 59 сторінок, 14 рисунків, 7 таблиць, 27 літературних джерел.

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, ТЕПЛОНАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ.

Тема роботи – «Використання альтернативних джерел енергії з метою підвищення енергонезалежності корпусу М 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....	11
1.3.1 Система опалення.....	11
1.3.2 Система електропостачання.....	12
1.3.3 Система водопостачання та водовідведення.....	12
1.3.4 Система вентиляції.....	12
1.3.5 Система обліку енергоресурсів.....	13
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	15
1.4 Аналіз показників фактичного енергоспоживання будівлі.....	16
1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії.....	16
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії.....	17
1.4.2 Аналіз обсягів споживання холодної води.....	19
1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	20
1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії	20
1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	22
1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	23
2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ВИЗНАЧЕНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ; ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ЗА КОЖНИМ ЕТАПОМ РОЗРАХУНКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	24
2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	24
2.2 Розрахунок тепловтрат	25
2.3 Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожуючі конструкції...	27
2.4 Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря.....	28
2.5 Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію.....	30

2.6 Розрахунок теплонадходжень.....	30
2.7 Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	32
2.8 Геотермальний тепловий насос. Основні відомості та принцип роботи....	35
2.9 Розрахунок теплового насосу для систем теплопостачання.....	38
2.10 Сонячна електростанція – автономність у виробництві електричної енергії.....	41
2.11 Розрахунок фотоелектричних панелей.....	44
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	47
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об’єкті.....	47
3.2 Правила виконання робіт на обладнанні, що знаходиться під напругою.....	50
3.3 Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу.....	53
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57

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 енергозаощаджуючих 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 паливноенергетичні 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 начальний корпус М 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 корпус «М» Сумського державного університету (рис. 1.1), що знаходиться за адресою: м. Суми, вул. Римського-Корсакова,2.



Рисунок 1.1 – Центральний вхід до корпусу М

Корпус «М» – чотириповерхова будівля, яка призначена для проведення навчального процесу.

Технічні характеристики будівлі такі:

- рік побудови 1960 р.;
- кількість поверхів 4 поверхи;
- опалювальна площа 5038,4 м²;
- площа забудови 1260 м²;
- опалювальний об'єм будівлі 14107,5 м³;
- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами 14490 м³.

Кількість працівників (відвідувачів) об'єкту – змінна та знаходиться у межах близько 200 осіб залежно від навчального навантаження аудиторій.

Об'єкт працює 7 днів на тиждень. Вихідні дні: відсутні. Режим роботи об'єкту – з 8:15 до 20:45 год. Графік роботи – дві зміни.

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

Водопостачання та водовідведення будівлі здійснюється централізовано.

Гаряче водопостачання в будівлі відсутнє.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Фундамент М- корпусу залізобетонний, цоколь облицьований плиткою. Стіни – цегляні, оштукатурені цементним розчином. Плити перекриттів – залізобетонні. Перегородки – цегляні.

Підлога складається з утеплювача-керамзит, цементної стяжки та шару плитки, а місцями мозаїчне покриття. Стеля – залізобетон, керамзит та рубероїд, а на першому поверсі та деяких аудиторіях – підвісна стеля (метало профіль з гіпсовою плиткою). Вікна по корпусу пластикові. Двері кабінетів – дерев'яні, вхідні двері – пластикові зі склінням та двері для запасного виходу – металеві.

1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Обстежуваний об'єкт має централізовану систему теплопостачання. Договір на теплопостачання укладений з ТОВ «Сумитеплоенерго».

Теплоносій – вода. Система двохтрубна вертикальна з верхнім розведенням.

Опалювальні прилади встановлюються під вікнами для того, щоб компенсувати потоки холодного повітря.

При проведенні обстеження були виявлені деякі порушення: у більшості приміщень опалювальні прилади засмічені; у деяких аудиторіях опалювальні

прилади закриті залізними ґратками, жалюзями, заставлені столами, що перешкоджає циркуляції повітря.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ПАТ «Сумиобленерго» на підставі Договору про постачання електричної енергії №445. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-234, що знаходиться на території університету. Живлення струмоприймачів споживача здійснюється по двох кабельних лініях 0,4 кВ (довжина – 2-90 м) від ТП-234.

1.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання М-корпусу здійснюється централізовано Державним комунальним підприємством «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 220.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 80 мм. Тиск води на вході в будівлю $P_{хв}=0,3$ МПа. Водовідведення в будівлі М корпусу – централізоване.

Основними споживачами води є студенти, викладачі та відвідувачі корпусу.

1.3.4 Система вентиляції

У будівлі наявна природна вентиляція системою стоякових трубопроводів, які з'єднують усі приміщення. Повітря і вуглекислий газ, піднімаючись до стелі, втягуються у вентиляційні шахти і далі через них виходить у навколишнє середовище.

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії здійснюється за допомогою теплового лічильника типу SENSUS «PolluTherm – EX», (рис 1.2), термін повірки - 19 червня 2018 р.

Встановлений в тепловому пункті, на вводі 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 Меридіан СО Э-1.02/2 електронний (рис. 1.3), термін повірки - 14 серпня 2017 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 ЛЛТ-50Х (рис. 1.4), термін повірки – 24 липня 2019 р. Встановлений в підвальному 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 ЛЛТ -50Х [5]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	15 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 12.11.2020 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 1211,3,17 грн/Гкал;

водопостачання – 9,792 грн/м³;

водовідведення – 9,624 грн/м³;

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

1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв

1.4.1 Аналіз споживання теплової енергії

Обсяги споживання теплової енергії М-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	53,9	57,9	52,4
Лютий	56,5	52,9	52,2
Березень	55,5	52,2	49,1
Квітень	19,4	19,6	20,7
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	18,7	18,2	17,8
Листопад	29,3	25,5	22,4
Грудень	48,4	50,5	45,4
Всього	281,7	276,8	260

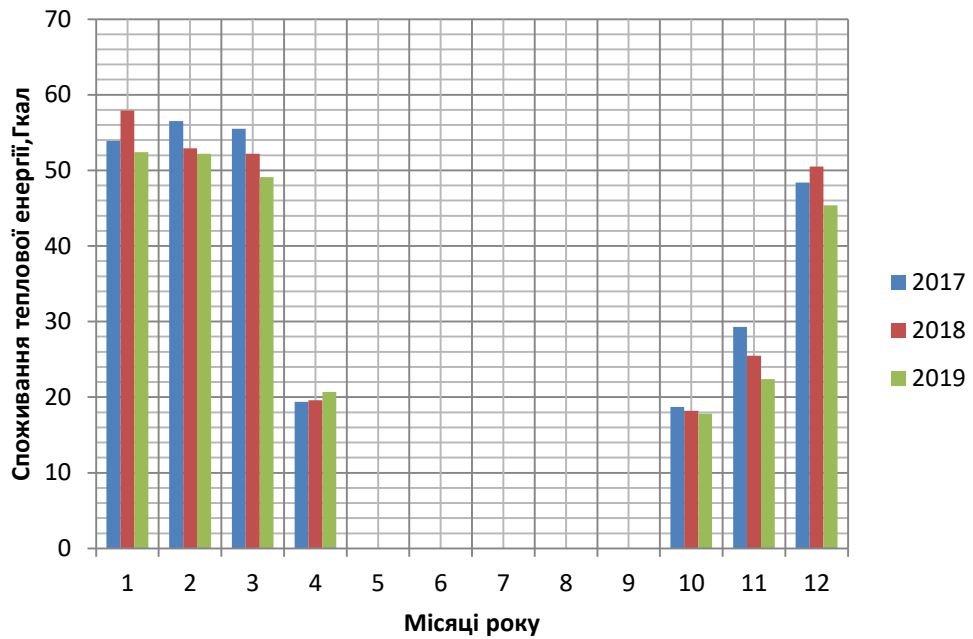


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

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

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

1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії М-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	2488	2516	2474

Продовження таблиці 1.5

Лютий	2477	2414	2400
Березень	2845	2314	2298
Квітень	2889	2983	2941
Травень	2308	2913	2899
Червень	2562	2120	2069
Липень	1528	2015	2014
Серпень	1316	1159	1244
Вересень	1727	897	1054
Жовтень	3395	976	875
Листопад	4443	2981	3547
Грудень	5629	4282	4287
Всього	33607	27570	28102

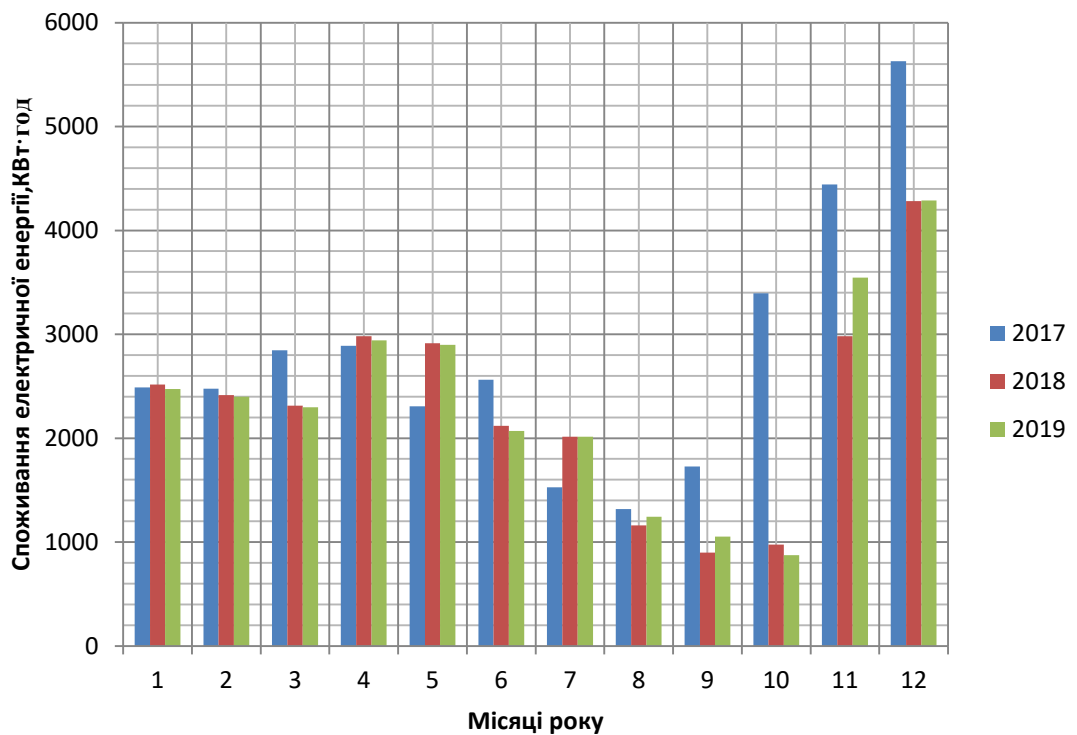


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

Перепади в споживанні пов'язані з тим, що М-корпус працює у дві зміни з 8¹⁵ до 20⁴⁵ і у зимовий період значна кількість електричної енергії йде на освітлення приміщення. У літній період кількість студентів зменшується, у серпні більшість працівників йде у відпустку, комп'ютерні класи не використовуються, природного освітлення вистачає для забезпечення нормального освітлення корпусу. Тому в цей період споживання зменшується.

1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води М-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	62	57	53
Лютий	69	67	65
Березень	60	56	55
Квітень	67	53	50
Травень	62	60	61
Червень	63	61	63
Липень	28	36	28
Серпень	21	24	17
Вересень	46	56	48
Жовтень	85	70	71
Листопад	75	71	65
Грудень	72	70	68
Всього	710	681	644

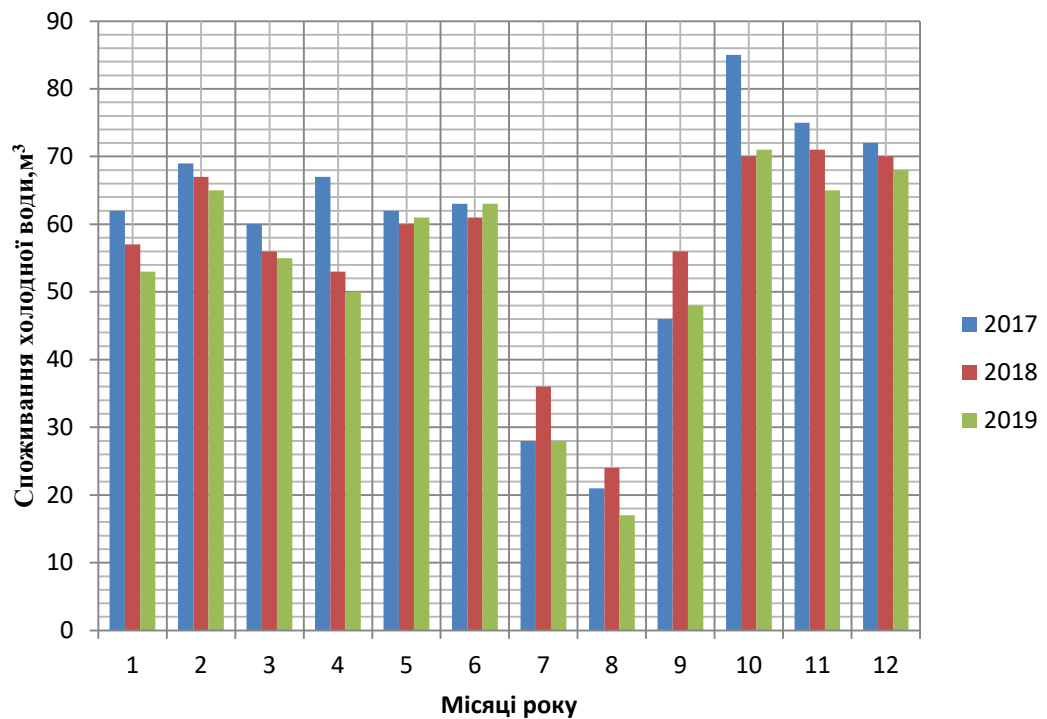


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання холодної води за 2017-2019 роки

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.

1.5 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 [6]:

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

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

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

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [6]:

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

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]:

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

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

- за 2017 рік – $Q_{\text{оп}} = 281,7$ Гкал;
- за 2018 рік – $Q_{\text{оп}} = 276,8$ Гкал;
- за 2019 рік – $Q_{\text{оп}} = 260$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2017 рік – $EP = 0,02$ Гкал/м³;
- за 2018 рік – $EP = 0,02$ Гкал/м³;
- за 2019 рік – $EP = 0,019$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,02 \text{ Гкал/м}^3$.

Отриманий результат за роками по будівлі майже відповідає нормативній умові (1.2). Але, враховуючи результати енергетичного обстеження, треба зазначити, що регулювання відбору теплоти відбувається у «ручному» змінній режиму роботи вузла тепlopункту, тобто здійснюється вимушене зменшення обсягів споживання теплоти; при цьому відбувається 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 навчального закладу; 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 [7] норма споживання електричної енергії для навчальних закладів складає $37 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2$ корисної площі.

$$\text{- 2017 рік: } \frac{33607 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{5038,4 \text{ м}^2} = 6,7 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2;$$

$$\text{- 2018 рік: } \frac{27570 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{5038,4 \text{ м}^2} = 5,5 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2;$$

$$\text{- 2019 рік: } \frac{28102 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{5038,4 \text{ м}^2} = 5,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2.$$

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 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.

$$\text{- 2017 рік } \left(\frac{710000\text{л}}{200\text{людей}} \right) / 280\text{днів} = 12,7 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2018 рік } \left(\frac{681000\text{л}}{200\text{людей}} \right) / 280\text{днів} = 12,2 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2019 рік } \left(\frac{644000\text{л}}{200\text{людей}} \right) / 280\text{днів} = 11,5 \text{ л/добу}.$$

Порівняння норми витрат води і дійсних величин витрат показує, що реальні значення в 2019 році не перевищують нормовані. Це є задовільним показником.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.

2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q \min}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження[9].

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

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

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

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

Мінімально допустиме значення, $R_{q \min}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт промислових будинків встановлюється згідно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою :

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

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

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma np}$, $m^2 \cdot K / Wt$, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.3)$$

де α_6, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $Wt / (m^2 \cdot K)$;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно, $Wt / (m \cdot K)$;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.2), $m^2 \cdot K / Wt$; [9]

2.2 Розрахунок тепловтрат

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

2.2.1 Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень

$$\sum Q_{втр} = \sum Q_0 + \sum Q_{\delta} + \sum Q_{inf} + \sum Q_{\epsilon}, Wt \quad (2.4)$$

де $\sum Q_0$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі, Wt ;

$\sum Q_{\delta}$ – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Wt ;

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

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

2.2.1 Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, стелі, світлові прорізи, двері, підлоги)

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

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

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

$t_в, t_{з.р}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C;

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря.

2.2.2 Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{ст} + \Sigma Q_{стл} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{пдл}, \text{ Вт} \quad (2.6)$$

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

$\Sigma Q_{стл}$ – сумарні втрати теплоти через стелю (покриття), Вт;

$\Sigma Q_{вкн}$ – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, Вт;

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

$\Sigma Q_{пдл}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги на ґрунті, Вт.

2.3 Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

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

2.3.1 Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

$$\Sigma Q_{op}^o = \Sigma Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

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

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу ($\beta_{op}=0,13$) [9].

2.3.2 Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами

$$\Sigma Q_{ndl}^o = 0,05 \cdot Q_{ndl}, \text{ Вт} \quad (2.8)$$

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

2.3.3 Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\Sigma Q_o = \Sigma Q_{op}^o + \Sigma Q_{\epsilon}^o + \Sigma Q_{ndl}^o, \text{ Вт} \quad (2.9)$$

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

ΣQ_{ϵ}^o – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

ΣQ_{ndl}^o – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

2.4 Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

2.4.1 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н.вкн}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}}) \cdot n_{\text{в}}, \text{ Вт} \quad (2.10)$$

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

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{з.р}}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^\circ\text{С}$;

$G_{\text{н.вкн}}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огородження, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

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

$n_{\text{в}}$ – кількість однотипних вікон.

2.4.2 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті двері

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через відкриті двері, може бути визначена за рівнянням:

$$G_{\text{вр}} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (2.11)$$

де B і H – ширина та висота дверей відповідно, м;

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей $0,8$);

g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$;

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с ; II-а кліматична зона – $2,1 \text{ м/с}$) [9];

$\Delta\rho$ – різниця густин повітряних мас ($\Delta\rho = \rho - \rho_c$), кг/м^3 ;

ρ_c – середня густина повітряних мас, кг/м^3 (при нормальних умовах $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$):

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_{\text{в}} + t_{\text{ср.он}})]} \quad (2.12)$$

$t_{cp.on}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

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

$$Q_{ep}^{in\phi} = G_{ep} \cdot c \cdot (t_g - t_{z.p}) \cdot k_g, \text{ кВт} \quad (2.13)$$

де G_{ep} – масова витрата зовнішнього повітря, що поступає через ворота, кг/с;

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

t_g і $t_{z.p}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

k_g – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години.

2.4.3 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{z.d}^{in\phi} = 0,28 \cdot G_{z.d} \cdot c \cdot (t_g - t_z), \quad (2.14)$$

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

$t_{в}$, $t_{z.p}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$G_{z.d}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год:

$$G_{z.d} = b_{н.д} \cdot L_{н.д} \cdot v_{ср.н.д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (2.15)$$

де $b_{н.д}$ – ширина встановленої дверної або іншої нещільності (приймається 5 мм), м;

$L_{н.д}$ – довжина нещільності (береться загальний периметр воріт), м;

$v_{ср.н.д}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільність (приймається $0,8 \text{ м/с}$), м/с [9];

m_n – маса 1 м³ повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3$ кг)[10].

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{inf} = Q_{вкн}^{inf} + Q_{впр}^{inf} + Q_{з.д}^{inf}, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

2.5 Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_s = 0,28 \cdot V_{II} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_s - t_{з.р}) \cdot n_k \cdot k_V, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

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

t_s і $t_{з.р}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

V_{II} – внутрішній об'єм приміщення, м³;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3$ кг/м³

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹ (за умовою завдання);

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

2.6 Розрахунок теплонадходжень

2.6.1 Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

2.6.2 Теплонадходження від працюючого електроустаткування

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

де N_{el} – номінальна потужність електроустаткування, Вт;

k_{II} – коефіцієнт завантаження;

η – ККД електроустаткування;

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію;

2.6.3 Теплонадходження від джерел освітлення

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_з, \text{ Вт} \quad (2.20)$$

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

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

$k_з$ – коефіцієнт завантаження освітлення;

$n_{л}$ – кількість однотипних джерел освітлення.

2.6.4 Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{O,II}, \text{ Вт} \quad (2.21)$$

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

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

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

2.6.5 Сумарні теплонадходження

$$Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад}, \text{ Вт} \quad (2.22)$$

2.7 Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{отр} - \Sigma Q_{тн}, \text{ Вт} \quad (2.23)$$

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

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

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Допустиме значення опору теплопередачі $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
Стеля	4,95	1,65
Зовнішня стіна	3,3	0,92
Двері	0,6	0,6
Вікна	0,75	0,75
Підлога	3,75	0,79

Отримані результати ($R_{\Sigma пр} \ll R_{q \min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [6]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо згідно методики [9] за допомогою програми Microsoft Excel [10].

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Температура у середині приміщення	20
Температура в підвальному приміщенні	5
Температура зовнішнього повітря	-25
Загальна площа зовнішніх стін	1145
Загальна площа площі спередкриття даху	1260
Загальна площа вікон	245,7
Загальна площа дверей	14,5
Загальна площа перекриття над тех.підпіллям	1260
Допоміжний коефіцієнт	0,28
Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огородження	8
Коефіцієнт теплоємності повітря	1,005
Внутрішній об'єм приміщення	14107,5
Густина повітря, яке видаляється з приміщення	1,3
Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання	0,85
Кратність повітрообміну приміщення	0,8
Кількість людей в приміщенні	200
Явні теплонадходження від людей	103
Номинальна потужність електроустаткування	4000
Коефіцієнт завантаження	0,85
ККД електроустаткування	0,9
Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9
Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3
Потужність одного джерела освітлення	75
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	305

Продовження таблиці 2.2

Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління освітленого сонцем	250
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління перебуваючого в тіні	100
Площа заповнення світлових прорізів	145,7
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні)	200
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку

Розрахункові дані	Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін	0,92
Приведений опір теплопередачі для стелі	1,65
Приведений опір теплопередачі для дверей	0,6
Визначення приведенного опору теплопередачі для вікон	0,75
Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги	0,79
Втрати теплоти через стіни,Вт	56005,43
Втрати теплоти через стелю,Вт	34363,64
Втрати теплоти через вікна,Вт	14742
Втрати теплоти через підлогу,Вт	23924,05
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	24890,39
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	157920,7
Сумарні тепловтрати,Вт	311846,2
Теплонадходження від людей, Вт	20600
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	1108,2
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	5490
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	27855
Сумарні теплонадходження,Вт	55053,2
Теплова потужність будівлі,Вт	256793
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, Вт	548071,6

2.8 Геотермальний тепловий насос. Основні відомості та принцип роботи

На сьогоднішній день геотермальні теплові насоси є найефективнішими теплогенераторами в опалювальній техніці. Вони забезпечують найнижчу вартість опалення, високу надійність і безпеку з-поміж усіх існуючих систем. Теплові насоси дозволяють повністю відмовитися від використання газу в опаленні та гарячому водопостачанні, а також дають можливість охолоджувати приміщення в теплий період. Установка системи опалення на тепловому насосі виходить дорожчою за звичайні системи на базі газу або електроенергії, але дозволяє отримати опалення за значно нижчою ціною та робить вас незалежним від цін та наявності енергоносія. Геотермальний тепловий насос – це інвестиція у ваше безтурботне майбутнє [11].

Показником ефективності теплових насосів є коефіцієнт перетворення COP. Він показує скільки тепла видає тепловий насос в систему опалення при використанні 1 кВт електроенергії. Сучасні геотермальні теплові насоси забезпечують COP до 5,1. Це означає [11]:

- споживання електроенергії дорівнює 1 кВт;
- отримана тепла енергія становить до 5,1 кВт.

У геотермального теплового насоса, на відміну від повітряного, COP постійно високий і не залежить від зовнішньої температури, тому що тепло відбирається з геотермальних свердловин з постійною температурою [11]. Але COP залежить від режиму роботи теплового насоса, чим нижче температура що подає теплоносій в систему опалення, тим вище COP. З цього випливають вимоги до дому і до системи опалення на тепловому насосі, які забезпечать високу ефективність [11]:

- будинок повинен бути добре утеплений;
- тепловий насос повинен працювати в погодозалежному режимі, коли забезпечується мінімально можлива температура подачі, що забезпечує опалення будинку при конкретній зовнішній температурі;
- з тепловим насосом проектується тільки низькотемпературні системи опалення – теплі підлоги, теплі стіни, радіатори, розраховані на низькотемпературний режим роботи [11].

Саме непрофесійне проектування найчастіше призводить до роботи теплового насоса з низькою ефективністю. Неправильно розрахований режим роботи системи опалення неодмінно призведе до того, що будь-який тепловий насос буде працювати з низьким коефіцієнтом ефективності (COP) [11].

В останні роки геотермальні теплові насоси вже масово застосовуються в системах опалення середнього рівня. Збільшені витрати на монтаж такої системи опалення компенсуються низькими витратами на опалення будинку, збільшення оціночної вартості самого будинку, підвищеної безпеки та надійності системи на тривалий термін [11].

До складу системи входять сам тепловий насос, бойлер для гарячої води зі збільшеним теплообмінником, автоматика, свердловинні зонди, екологічно чистий пропіленгліколь для заповнення зондів, мідь та арматура. Це обладнання підбирається під кожен об'єкт з врахуванням завдань до системи опалення та потужності теплового насоса. Роботи з монтажу включають: буріння свердловин, монтаж геотермальних зондів, розподільчої гребінки геотермального контуру, монтаж котельної на тепловому насосі, встановлення автоматики керування системою (рис 2.1) [11].



Рисунок 2.1 – Тепловий насос

Схематично тепловий насос можна представити у вигляді системи з трьох замкнутих контурів: у першому, зовнішньому, циркулює тепловіддавач (тепловий носій, що збирає теплоту навколишнього середовища), у другому – холодоагент (речовина, яка випаровується, забираючи теплоту теплоотдачика, і конденсується, віддаючи теплоту теплоприймачу), в третьому – теплоприемник (вода в системах опалення та гарячого водопостачання будівлі) [12].

Зовнішній контур (колектор) це покладений в землю або у воду трубопровід, в якому циркулює незамерзаюча рідина – антифриз [12].

У другій контур, де циркулює холодоагент вбудовані теплообмінники – випарник і конденсатор, а також пристрої, які змінюють тиск хладагента – дросель і компресор [12].

Третій контур – це внутрішній контур, тобто сама система опалення будівлі або система гарячого водопостачання [12].

Робочий цикл. Рідкий холодоагент продавлюється через дросель, його тиск падає, і він надходить у випарник, де закипає, відбираючи теплоту, що поставляється колектором з навколишнього середовища. Газ, на який перетворився холодоагент, всмоктується в компресор, стискується і, нагрітий, виштовхується в конденсатор. Конденсатор є тепловіддаючим вузлом теплонасоса: тут теплота приймається водою в системі опалювального контуру. При цьому газ охолоджується і конденсується, щоб знову піддатися розрядженню в розширювальному вентилі і повернутися у випарник. Після цього робочий цикл починається заново [12].

Вигідною особливістю теплового насоса є те, що в літній період, включивши систему «у зворотному напрямку» можна отримати кондиціонування. Тобто тепло буде відбиратися внутрішнім контуром будівлі і скидати його в ґрунт, воду чи повітря [12].

Тепловий насос працює за принципом циклу Карно, вперше описаному ще в 1824 році і знайшов практичний опис в 1852 році лордом Кельвіном [12].

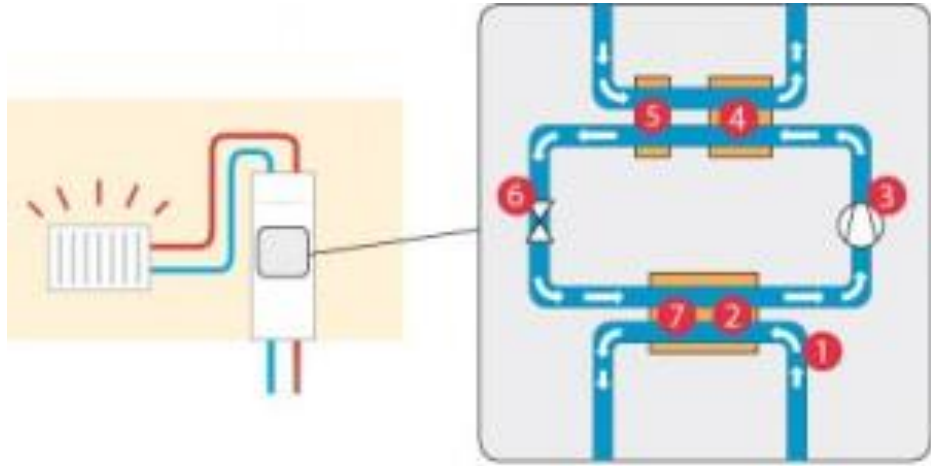


Рисунок 2.2 – Схема роботи теплового насоса

Розсіл циркулює в колекторі і поглинає теплову енергію із землі, повітря або води [12].

Тепловий насос має теплообмінний елемент, який називається випарником. Теплова енергія в ньому переходить від розсолу до хладагента (при випаровуванні речовина поглинає тепло). У цієї речовини низьку температуру кипіння, що змушує його закипіти і перетворитися на газ [12].

Тиск холодоагенту підвищується за допомогою компресора, що веде до збільшення його температури [12].

У конденсаторі холодоагент перенаправляє теплову енергію в опалювальну систему будинку (при конденсації речовина віддає тепло) [12].

Допоміжний охолоджувальний елемент вичавлює залишкову теплову енергію, і хладагент перетворюється на рідку форму [12].

У розширювальному вентилі тиск падає [12].

Хладагент повертається у випарник, і процес починається заново [12].

2.9 Розрахунок теплового насоса для системи тепlopостачання

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 будівлі корпусу М.

Методику розрахунку теплового насоса для потреб опалення наведено в [13].

Опалювальна площа будинку: $F_h = 5038,4 \text{ м}^2$.

Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб опалення, з урахуванням годин його роботи [13]:

$$P_{on} = \frac{256793 \cdot 24}{(20 + 2)} = 280137 \text{ Вт}.$$

Необхідний об'єм бака-акумулятора:

$$V_{бак} = \frac{P_{ТН} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{280137 \cdot 3600}{1000 \cdot 4200 \cdot (35 - 0)} = 6,8 \text{ м}^3 = 6800 \text{ л}.$$

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 [13].

q_c – питомий тепловий потік. Приймаємо 50 Вт/м (середнє значення для вертикальних колекторів) [13].

φ - коефіцієнт перетворення ТН [13].

$$L_c = \frac{280137}{50} \left(\frac{5,01 - 1}{5,01} \right) = 4484 \text{ м}$$

Кількість зондів вибрано $n=50$. Отже довжина одного зонду $L=90$ м.

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу NIBE (рис.2.3) [14].



Рисунок 2.3 – Тепловий насос NIBE

NIBE 1345 – це найпотужніший тепловий насос ґрунт-вода або вода-вода з лінійки двохкомпресорних з одним фреоновим контуром [14].

Принципова схема розміщення теплового насоса зображена на рисунку 2.4 [14].

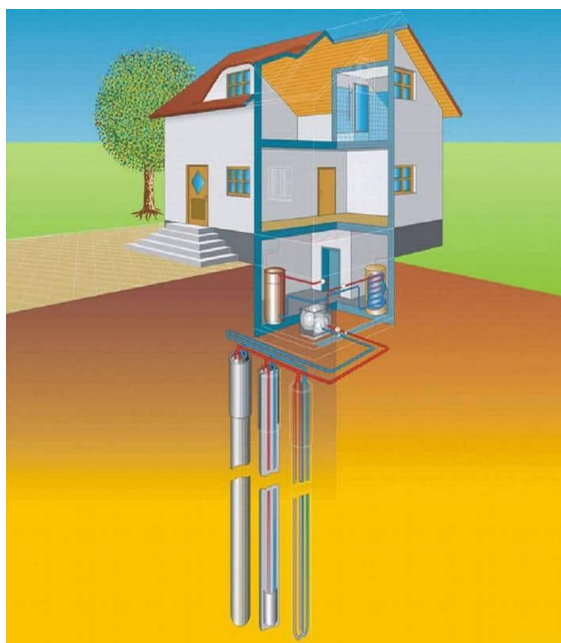


Рисунок 2.4 – Принципова схема розміщення теплового насосу

Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 18000$ євро [15] (Станом на 12.11.2020 року 1 євро= 33,4 грн.) Тоді $K = 18000 \cdot 33,4 = 601200$ грн.

Монтаж теплового насосу складає 30 % від його вартості.

Тоді загальна вартість теплового насосу складає:

$$K_n = 601200 \cdot 1,3 = 781560 \text{ грн.}$$

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

$$\Delta E = 260 \cdot 1211,3 = 314938 \text{ грн} \quad (2.25)$$

Простий термін окупності

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{781560}{314938} = 2,5 \text{ років.}$$

2.10 Сонячна електростанція – автономність у виробництві електричної енергії

У більшості країн кількість сонячної енергії, що падає на дах і стіни будинків набагато перевершує річне споживання енергії жителями цих будинків. Використання сонячного світла і тепла - чистий, простий і природній спосіб отримання усіх форм необхідної нам енергії [16].

Окрім давно винайдених та використовуваних сонячних колекторів, є інший спосіб виробництва енергії з використанням сонячних фотоелектричних технологій.

Фотоелектричні елементи є пристроями, які перетворюють енергію сонячного випромінювання безпосередньо в електроенергію [16].

Сонячне випромінювання можна перетворити в корисну енергію, використовуючи так звані активні і пасивні сонячні системи. Активні сонячні системи включають в себе сонячні колектори та фотоелектричні елементи. Пасивні системи отримують шляхом проектування та будівництва будівель з підбором будівельних матеріалів таким чином, щоб максимально використовувати енергію сонця [16].

Виробництво електроенергії від сонячної енергії має багато переваг і стає досить популярним в багатьох розвинених країнах.

Основними перевагами є [16]:

- практично нескінченне джерело поновлюваної енергії доступне для всіх країн;
- екологічно чисті, відсутні будь-які викиди в атмосферу в період експлуатації;
- локалізація джерела енергії, СЕС може бути розміщена безпосередньо поблизу споживача електроенергії, при цьому може використовуватися невикористаний простір на дахах, фасадах будівель, і т. д. [16];
- пряме перетворення сонячної енергії в електричну енергію, тобто немає проміжних етапів, немає механічних частин, тощо, - це значно підвищує надійність і довговічність всієї системи, збільшує її ефективність;
- ефективність генерування енергії за рахунок встановлення індивідуальних СЕС необхідної потужності для споживача і швидкого повернення вкладених коштів, які можна використовувати для відтворення [16];
- універсальність СЕС- сонячні елементи можуть бути використані для енергоживлення будь-якого об'єкту [16];
- сонячні (фотовольтаїчні) системи не вимагають яскравих сонячних днів для роботи, вони працюють і в похмурі дні [16].

Однак, системи на сонячних батареях (фотомодулях) мають недолік:

- щоденна і річна неритмічність у виробництві "сонячної електроенергії", що на сьогоднішній день компенсується за рахунок спільного використання електроенергії від традиційних мереж [16].

У зв'язку з існуючими перевагами розвиток сонячної енергії розглядається дуже перспективним (рис. 2.5, прогноз для Європи).

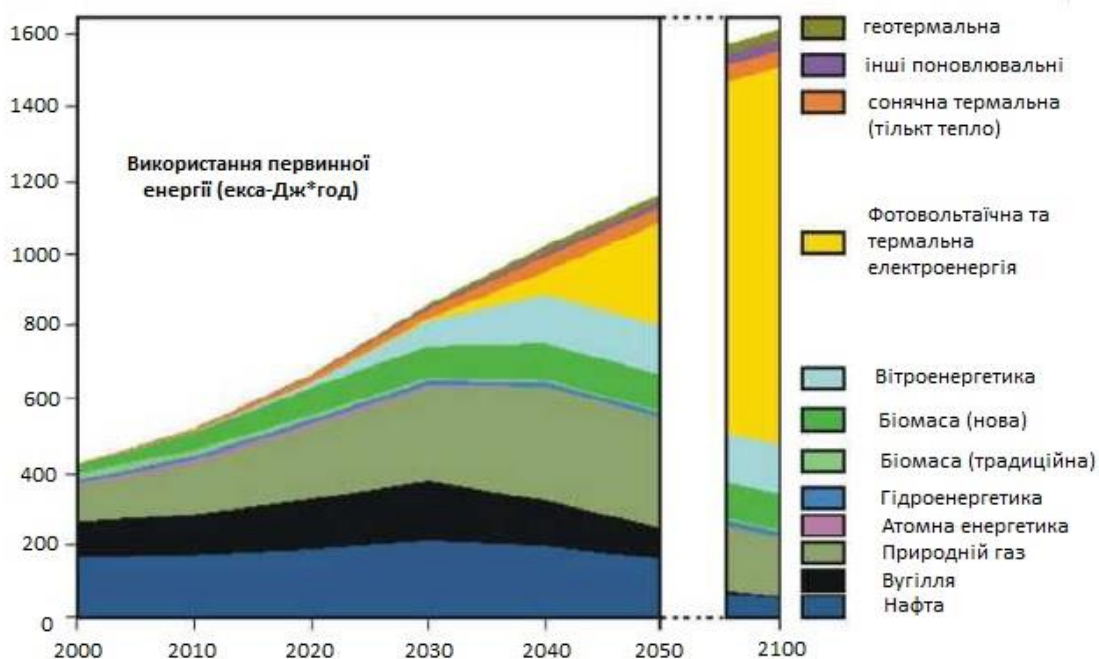


Рисунок 2.5 Прогноз використання різних джерел енергії (для Європи)

Перевага дахових сонячних електростанцій полягає у максимальному наблизненні джерела енергії до її споживача. Це здешевлює проєкт і не потребує будівництва додаткової інфраструктури для транспортування електроенергії. Також у порівнянні з наземними СЕС, дахові потребують менше металоконструкцій.

Однак вони мають певні вимоги, яким відповідають не всі будинки. Наприклад, бажано, щоб дах був орієнтований на південь для максимального використання його площі й встановлення більшої кількості панелей. Цьому можуть заважати вентиляційні шахти, антени, кабелі. Крім того, має бути відсутня тінь, яка потраплятиме на сонячні панелі. А перед встановленням СЕС потрібно провести експертизу даху, щоб переконатися у його міцності.

2.11 Розрахунок фотоелектричних панелей

Згідно даних таблиці 1.5, для забезпечення добового енергоспоживання необхідно 45 кВт·год електричної енергії влітку та 80 кВт·год взимку. Також врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 20%:

$$W_{л}^{заз} = 45 \cdot 1,2 = 54 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

$$W_{з}^{заз} = 80 \cdot 1,2 = 96 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Для забезпечення будинку електроенергією обираємо сонячні панелі ZNSHINE SOLAR ZXМ6-Н156 (рис.2.6) [17].

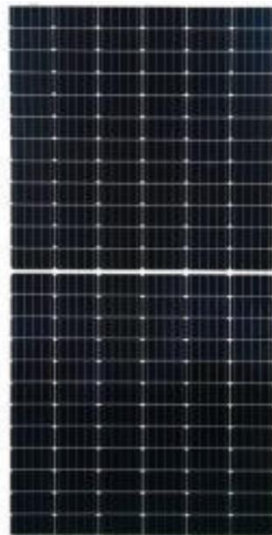


Рисунок 2.6 – Вигляд сонячної панелі [17]

Потужність електричної енергії, що виробляється за допомогою однієї панелі:

$$W_{л} = 0,7 \cdot 0,425 = 0,2975 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

$$W_{з} = 0,5 \cdot 0,425 = 0,2125 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

де 0,7 та 0,5 – поправкові коефіцієнти для літнього та зимового періодів відповідно [13];

0,425 – потужність однієї панелі, кВт/год

Необхідна кількість панелей згідно [13]:

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

Для літнього періоду:

$$N_{л} = \frac{45}{0,3} = 150 \text{панелей.}$$

Для зимового періоду:

$$N_{з} = \frac{80}{0,2} = 400 \text{панелей.}$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 400 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 1020x2188 мм [17].

Для вибору ємності акумулятора будемо орієнтуватися на літній період, оскільки у зимовий не потрібно акумулювати велику кількість електроенергії.

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [13]:

$$Q = \frac{Q_{з}^{н} \cdot t}{V \cdot k} \quad (2.3)$$

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

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{45 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 65 \text{А} \cdot \text{год.}$$

Обираємо акумулятор LUXEON LX12-65MG - 12В - 65 А/ч [18].

Принципова схема розміщення сонячних панелей зображена на рисунку 2.7.

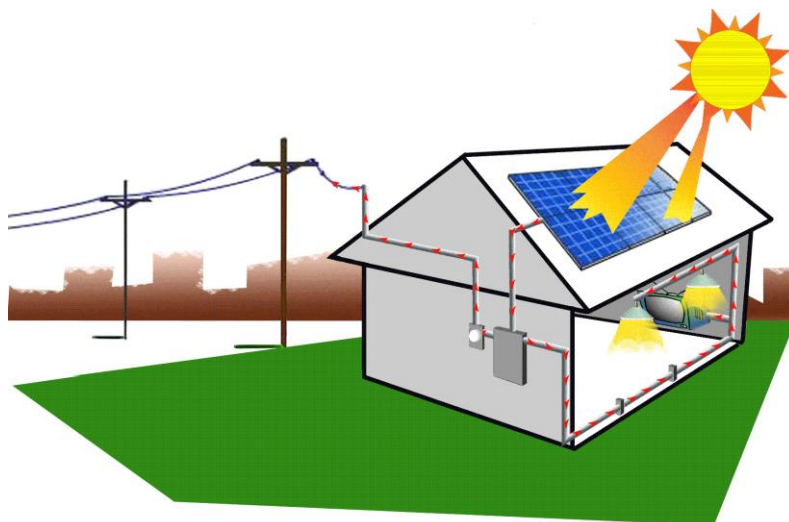


Рисунок 2.7 – Принципова схема розміщення сонячних панелей [19]

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 [20].

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні [21]. 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» [22] практично всі приміщення відносяться до 2-ої категорії «Приміщення з підвищеною безпекою», 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» [23] 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 [24] 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 [25].

3.2 Правила виконання робіт на обладнанні, що знаходиться під напругою

Робота щодо забезпечення безпечної експлуатації електроустановок здійснюється згідно з обов'язковими, для всіх споживачів електроенергії, незалежно від їх відомчої приналежності, правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів та правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів. Обслуговування діючих електроустановок, проведення в них оперативних переключень, організація та виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт і випробувань здійснюються спеціально підготовленим електротехнічним персоналом [26].

Роботи в діючих електроустановках з врахуванням заходів безпеки поділяються на виконувани: зі зняттям напруги, без зняття напруги на струмоведучих частинах і поблизу них, без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою. До робіт, виконуваних зі зняттям напруги, відносяться роботи, котрі виконуються в електроустановці, в котрій зі всіх струмоведучих частин знята напруга і вхід в приміщення сусідньої електроустановки, котра знаходиться під напругою, закритий. До робіт,

виконуваних без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них, відносяться роботи, котрі проводяться безпосередньо на цих частинах [26].

Роботою без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, вважається робота, при котрій виключається випадкове наближення працюючих людей та використовуваного ними ремонтного обладнання і інструменту до струмоведучих частин на віддаль менше встановленої і не вимагається вжиття технічних або організаційних заходів (безперервного нагляду) для запобігання такому наближенню. При виконанні робіт зі зняттям напруги та без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них повинні виконуватись організаційні та технічні заходи.

До організаційних заходів відносяться [26]:

- оформлення роботи по наряді-допуску, розпорядженню або за переліком робіт, виконуваних в порядку поточної експлуатації;

- допуск до роботи;

- нагляд під час роботи;

- оформлення перерви під час роботи;

- переводи на інше робоче місце.

Наряд-допуск — це завдання на безпечне виконання роботи, оформлене на спеціальному бланку встановленої форми. Він визначає зміст, місце виконання роботи, час її початку та закінчення, умови її безпечного виконання, склад бригади та осіб, відповідальних за безпечне виконання роботи. Відповідальними за безпечне виконання робіт є: особа, що видала наряд; котра дає розпорядження; особа, що допускає до роботи; керівник роботи; виконавець роботи; спостережник; член бригади.

Всі роботи, котрі виконуються в електроустановках без наряду [26],

- за розпорядженням осіб, уповноважених на це, з оформленням в оперативному журналі;

- в порядку поточної експлуатації з подальшим записом в оперативному журналі.

Розпорядження – це завдання на виконання роботи, що визначає її зміст, місце, час, заходи безпеки. Воно має разовий характер, видається на один вид роботи і діє протягом однієї зміни [26].

За розпорядженням можуть виконуватись [26]:

- позапланові роботи, викликані виробничою необхідністю, тривалістю до 1 год.;
- роботи без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою, тривалістю не більше однієї зміни;
- роботи зі зняттям напруги з електроустановок напругою до 1000 В тривалістю не більше однієї зміни.

Поточна експлуатація – це проведення оперативним персоналом самостійно на закріпленій за ним ділянці протягом однієї зміни робіт за спеціальним переліком.

До організаційних заходів в цьому випадку відноситься складання, відповідальним за електрогосподарство, переліку робіт стосовно конкретних умов.

До технічних заходів, що забезпечують безпеку робіт, виконуваних зі зняттям напруги, відносяться [26]:

- необхідні вимкнення та вжиття заходів, котрі запобігають подачі напруги до місця роботи внаслідок помилкового або довільного ввімкнення комутаційної апаратури;
- вивішування на приводах ручного та на ключах дистанційного керування комунікаційної апаратури (автомати, рубильники, вимикачі) забороняючих плакатів;
- перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах;
- накладання заземлення;
- вивішування попереджувальних та приписувальних плакатів, огороження, при необхідності, робочих місць та струмоведучих частин, які залишились під напругою [26].

3.3 Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу

Евакуація людей з приміщень відбувається за наявності таких основних факторів [27]:

- температура повітряного середовища сягає 60-70 градусів;
- різко знижується концентрація кисню у приміщенні;
- виникає задимленість приміщення [27].

У сучасних будівлях, згідно з правилами пожежної безпеки передбачені запасні входи та виходи, коридори, сходи, фойє, проходи тощо. Вони можуть займати значну площу — до 30 % від загальної площі. Якщо пожежа виникла у навчальному кабінеті, необхідно, у першу чергу, відключити електромережу. Зазвичай, кабінети фізики, інформатики обладнані окремим вимикачем, який розташований у легкодоступному місці (біля дверей), щоб кожний, хто знаходиться в приміщенні мав можливість його відключити [27].

У разі виникнення пожежі передбачений вимушений рух людей за напрямками, які зазначені в плані евакуації. Проводиться евакуація під керівництвом людей, котрі навчені діям у разі виникнення пожежі. При цьому рух їх здійснюється практично одночасно і має чітку спрямованість — усі прямують до виходів з приміщення. Психологія індивідуальної поведінки людини при рятуванні від пожежі викликана в основному страхом за своє життя [27].

Прагнення людини якнайшвидше вийти з небезпечної зони зрозуміле — рятування життя. При таких випадках можливе навіювання небезпеки. Воно можливе через перебільшення, небезпеки, сприймання її без відповідного аналізу та схильність до наслідування дій інших. Це може викликати паніку. Паніка може проявлятися або у вигляді ступору (завмирання, нерухомості, нездатності до дій), або у вигляді фути (хаотичні кидання, нецілеспрямований біг), прийняття рішень будь-яку ціну врятувати своє життя. Така поведінка може передаватися іншим людям, і тоді виникає загальна паніка. Усі, хто працює та навчається у навчальному закладі, живе у багатоповерховому сучасному будинку, повинні знати шляхи евакуації та особливості евакуаційних виходів [27].

Евакуаційними виходами називаються виходи, які безпосередньо ведуть із приміщень через коридор, сходи, сусіднє приміщення. Коридори і сходи — це основні шляхи евакуації. Основні та запасні виходи з приміщень позначають квадратом зеленого кольору з білою обвідкою за контуром з написом "Вихід". Також може бути символічне зображення людини чорного кольору, що біжить [27].

План евакуації складається з двох частин: графічної (малюнок) і текстової (пояснення до плану). Якщо будівля багатопверхова, план евакуації складається для кожного поверху. Приміщення нумеруються і в першу чергу позначаються стрілками шляхи евакуації людей, двері показують відчиненими. Маршрути руху зображають суцільними лініями зі стрілками зеленого кольору, а маршрути до запасних виходів пунктирними зеленого кольору. На евакуаційному плані позначають місця приладів пожежегасіння. За цим планом проводяться навчання учнів, учителів та всіх працюючих у школі [27].

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи був проведений аналіз ефективності енергопостачання корпусу М 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 $\Delta Q = 256793 \text{Вт}$.

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

- капітальні витрати на впровадження даного заходу складають: $K = 781560$ грн;
- економія в грошовому еквіваленті: $\Delta E = 314938$ грн;
- термін окупності $T_{ок} = 2,5$ роки.

З метою зменшення споживання електричної енергії було запропоновано встановлення сонячних панелей. Для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 400 фотоелектричну панель на даху корпусу.

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 Правила виконання робіт на обладнанні, що знаходиться під напругою.

3 Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу.

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://promtehservise.com.ua/ru/Katalog/135/778/>
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/posluga-taryfy/vodopostachannya-ta-vodovidvedennya/>
9. 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.
10. Ексель [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.office.com/launch/Excel?ui=ru-RU&rs=RU&auth=1>

11. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://termos.ua/uk/geotermalni-teplovi-nasosi/>
12. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.atmosfera.ua/uk/teplovi-nasosi/sferi-zastosuvannya-teplovix-nasosiv/>
- 13.
14. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: konomteplo.com.ua/teplovi-nasosy/teplovi-nasosy-nibe/gruntovi-teplovi-nasosy-pompy-nibe/nibe-f1345-gruntovyj-teplovij-nasos/nibe-f1345-60-kvt/
15. Принципова схема встановлення теплового насосу [електронний ресурс] Режим посилання: https://aqua-rmnt.com/otoplenie/alt_otoplenie/teplovoj-nasos-voda-voda.html
16. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: БІЗНЕС-ПЛАН інвестиційного проекту "Встановлення дахової сонячної (фотовольтаїчної) електростанції Хмельницького національного університету м.Хмельницький (об'єкту альтернативної енергетики з використанням енергії сонця) потужністю 401,21 кВт·пік на дахах навчальних корпусів Хмельницького національного університету»
17. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya-znshine.html?gclid=Cj0KCQiA-rj9BRCAARIsANB_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9HEACwAJAVoaAhRtEALw_wcB
18. Акумуляторна батарея [електронний ресурс] Режим посилання: https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya-znshine.html?gclid=Cj0KCQiA-rj9BRCAARIsANB_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9HEACwAJAVoaAhRtEALw_wcB
19. Принципова схема встановлення сонячних панелей [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ecolog-ua.com/news/zelenyy-taryf-v-ukrayini-istoriya-dynamika-perspektyvy>

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

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

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

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

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

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

26. Організація безпечної експлуатації електроустановок [електронний ресурс] Режим посилання: <https://buklib.net/books/31471/>

27. Евакуація відвідувачів навчального закладу [електронний ресурс] Режим посилання: <http://osvita-ivankiv.gov.ua/safety-during-the-summer-holidays/506-evakuacya-lyudey-z-primschen-navchalnogo-zakladu-pri-viniknenn-pozhezh-chi-nshoyi-nadzvichaynoyi-podyi.html>