

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

Гасай Антон Миколайович

ТЕМА: «Підвищення рівня енергоефективності науково-навчального корпусу
«Н» СумДУ шляхом комплексної термомодернізації»

Кваліфікаційна робота магістра
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(Енергетичний менеджмент)

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

Керівник роботи:

_____ (підпис)

Хованський С.О.

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

К.Т.Н ДОЦЕНТ

_____ (наукове звання та наукова ступінь)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

здобувача

Гасай Антон Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Підвищення рівня енергоефективності науково-навчального корпус «Н» СумДУ шляхом комплексної термомодернізації»

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2021 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 13.12.2021 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 їй належить розробити):

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

Розділ 1 – Характеристика об'єкту енергетичного обстеження (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. Висновки).

Розділ 2 – Техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозберіжних заходів (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. Висновки).

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)

Загальні 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 | | | |

6 Дата видачі завдання 1.11.2020 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 01.11 до 28.11.2021 | |
| 2 | Захист переддипломної практики | до 05.12.2021 | |
| 3 | Виконання 1-го розділу | до 21.11.2021 | |
| 4 | Виконання 2-го розділу | до 30.11.2021 | |
| 5 | Виконання 3-го розділу | до 11.12.2021 | |
| 6 | Представлення виконаної роботи | до 13.12.2021 | |
| 7 | Проходження перевірки на плагіат | до 20.12.21 | |
| 8 | Проведення захисту роботи | з 20.12 до 30.12.2021 | |

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 58 сторінок, 11 рисунків, 13 таблиць, 1 додаток, 25 літературних джерел.

Метою роботи: розробка заходів з термомодернізації 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 огороджуючи конструкцій та систем енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання науково-навчального корпус «Н» СумДУ.

Об'єкт дослідження: будівля навчального закладу та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОНАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧЕ ВІКНО, НАРЯД-ДОПУСК, ЕВАКУАЦІЯ.

Тема роботи – «Підвищення рівня енергоефективності науково-навчального корпус «Н» СумДУ шляхом комплексної термомодернізації»».

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 Термомодернізація будівель в Україні | 24 |
| 1.9 Висновки до розділу..... | 28 |
| 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 Теплоізоляція зовнішніх стін будівлі | 34 |
| 2.6 Розрахунок теплового насосу для системи тепlopостачання | 41 |
| 2.7 Встановлення сучасних екологічних та енергозберігаючих вікон | 45 |
| 2.8 Висновки до розділу..... | 47 |
| 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... | 48 |
| 3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження ... | 48 |
| 3.2 Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу | 51 |
| ВИСНОВКИ..... | 53 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 55 |
| ДОДАТОК А..... | 58 |

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 паливноенергетичні потреби за рахунок власних ресурсів менше ніж на 50%. Енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) в Україні в 2 рази перевищує енергоємність 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 «Н» 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 52437 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. Енергоефективні 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 ТОВ «Енера Суми» 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

сталейних 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 в 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 12.11.2021 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 2142,93 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 2018, 2019 і 2020 наведено в таблиці 1.4, та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.4 – Обсяги споживання теплової енергії за 2018-2020 роки

| Місяці | Споживання теплової енергії, Гкал | | |
|--------|--------------------------------------|----------|----------|
| | 2018 рік | 2019 рік | 2020 рік |
| Січень | 52,7 | 49,4 | 51,6 |

Продовження таблиці 1.4

| | | | |
|---------------|------------|--------------|--------------|
| Лютий | 49,6 | 45,2 | 44,9 |
| Березень | 37,4 | 35,1 | 36,4 |
| Квітень | 25,1 | 23,7 | 23,4 |
| Травень | 0 | 0 | 0 |
| Червень | 0 | 0 | 0 |
| Липень | 0 | 0 | 0 |
| Серпень | 0 | 0 | 0 |
| Вересень | 0 | 0 | 0 |
| Жовтень | 18,4 | 15,9 | 17,2 |
| Листопад | 19,4 | 16,7 | 17,2 |
| Грудень | 17,4 | 15,4 | 16,9 |
| Всього | 220 | 201,4 | 207,6 |

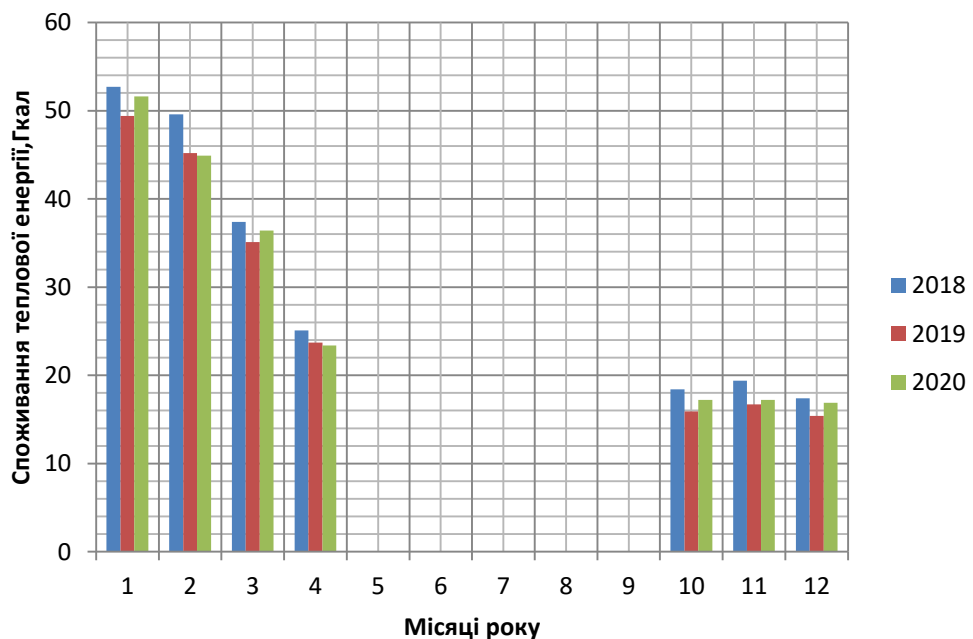


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання теплової енергії за 2018-2020 роки

Як видно з діаграм, споживання теплової енергії 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.

1.5 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії Н корпусом по місяцях за 2018, 2019 і 2020 роки наведено в таблиці 1.5, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.5 – Обсяги споживання електричної енергії за 2018 – 2020 роки

| Місяці | Споживання електричної енергії, кВт·год | | |
|---------------|--|--------------|--------------|
| | 2018 рік | 2019 рік | 2020 рік |
| Січень | 3021 | 3015 | 3100 |
| Лютий | 2994 | 3024 | 3061 |
| Березень | 2456 | 2974 | 2984 |
| Квітень | 1984 | 1965 | 1938 |
| Травень | 1450 | 1442 | 1436 |
| Червень | 1354 | 1254 | 1249 |
| Липень | 1354 | 1298 | 1314 |
| Серпень | 1312 | 1289 | 1295 |
| Вересень | 1348 | 1310 | 1300 |
| Жовтень | 1845 | 1841 | 1823 |
| Листопад | 2354 | 2154 | 2097 |
| Грудень | 2940 | 2978 | 2964 |
| Всього | 24412 | 24544 | 24561 |

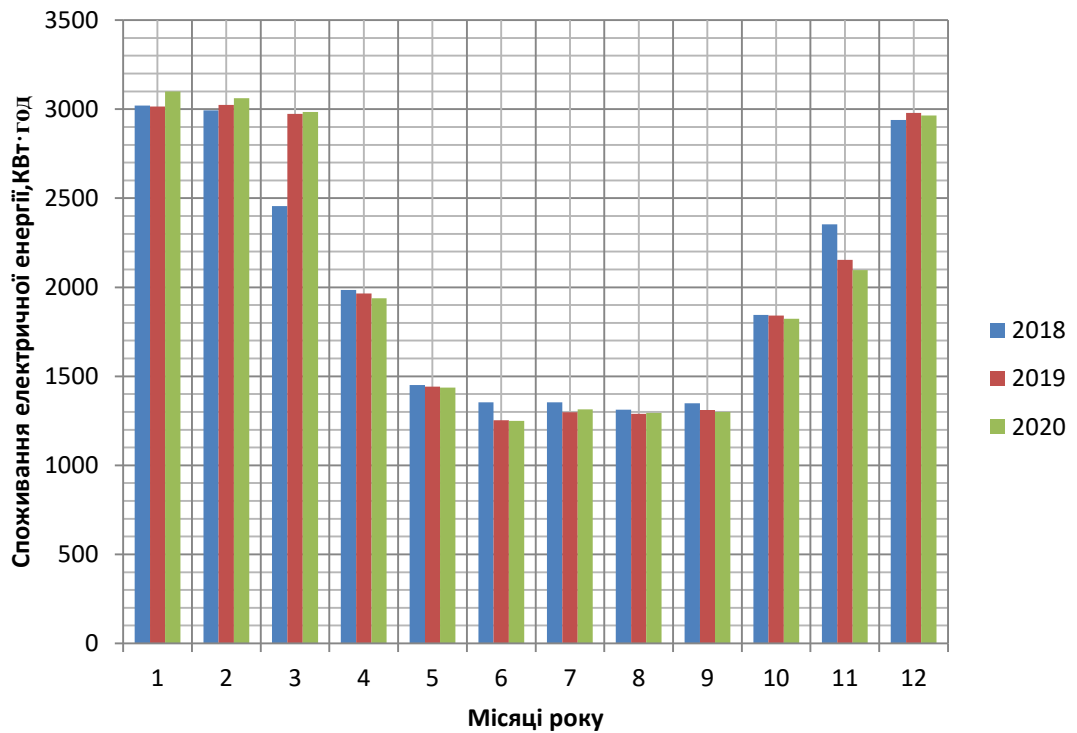


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання електричної енергії за 2018-2020 роки

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 2018, 2019 і 2020 роки наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання холодної води за 2018 – 2020 роки

| Місяці | Споживання холодної води, м ³ | | |
|--------|---|----------|----------|
| | 2018 рік | 2019 рік | 2020 рік |
| Січень | 50 | 53 | 52 |
| Лютий | 52 | 60 | 58 |

Продовження таблиці 1.6

| | | | |
|---------------|------------|------------|------------|
| Березень | 48 | 51 | 50 |
| Квітень | 33 | 32 | 34 |
| Травень | 22,3 | 21 | 24 |
| Червень | 21,7 | 23 | 22 |
| Липень | 17 | 18 | 19 |
| Серпень | 26 | 27 | 27 |
| Вересень | 43 | 38 | 37 |
| Жовтень | 39 | 41 | 40 |
| Листопад | 45 | 35 | 34 |
| Грудень | 37 | 42 | 41 |
| Всього | 434 | 441 | 438 |

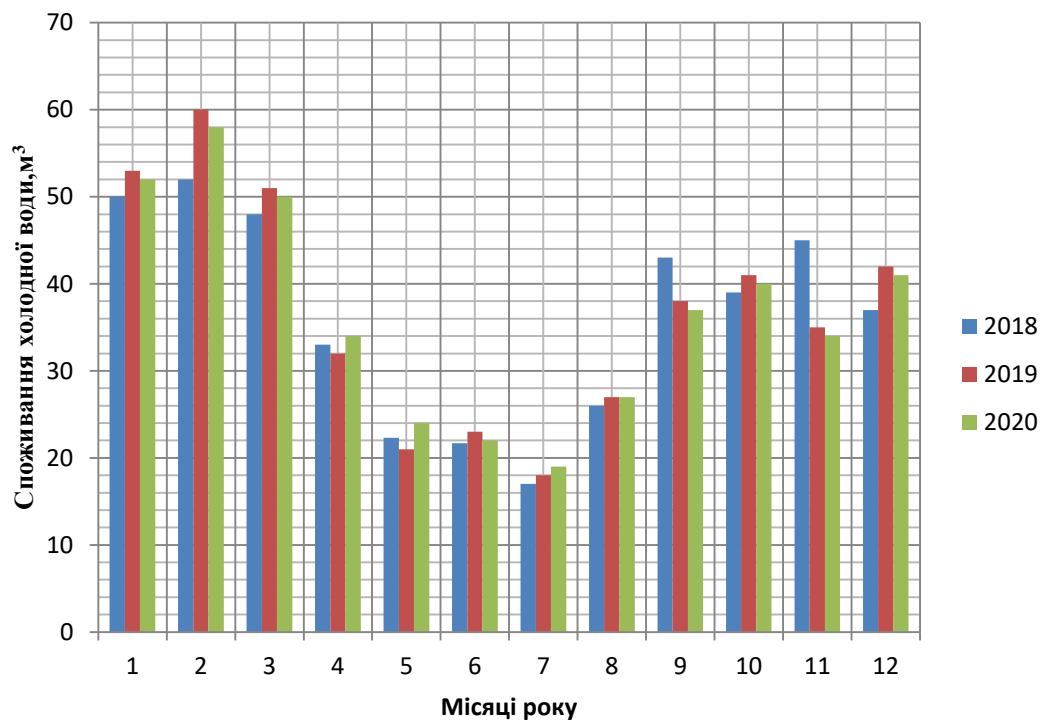


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання холодної води за 2018-2020 роки

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 2018 рік – $Q_{оп} = 220$ Гкал;
- за 2019 рік – $Q_{оп} = 201,4$ Гкал;
- за 2020 рік – $Q_{оп} = 207,6$ Гкал;

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2018 рік – $EP = 0,032$ Гкал/м³;
- за 2019 рік – $EP = 0,029$ Гкал/м³;
- за 2020 рік – $EP = 0,03$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,03$ Гкал/м³.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою:

$$\left(\frac{EP - EP_{max}}{EP_{max}} \right) \cdot 100\% \quad (1.3)$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\left(\frac{0,03 - 0,026}{0,026} \right) \cdot 100\% = 15\%$$

Згідно з [6] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «D».

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.

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

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

$$\text{- 2020 рік: } \frac{24561 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{2480,4 \text{ м}^2} = 9,9 \text{ кВт}\cdot\frac{\text{год}}{\text{м}^2};$$

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 холодної води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

$$\text{- 2018 рік } \left(\frac{434000 \text{ л}}{900} \right) / 280 \text{ днів} = 1,6 \text{ л/добу};$$

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

$$\text{- 2020 рік } \left(\frac{438000 \text{ л}}{900} \right) / 280 \text{ днів} = 1,6 \text{ л/добу};$$

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

Для наочності і пошуку можливих джерел економії фінансових коштів наведемо діаграму вартості спожитих електричної енергії, теплової енергії та води за 2020 рік. Дана діаграма зображена на рисунку 1.8

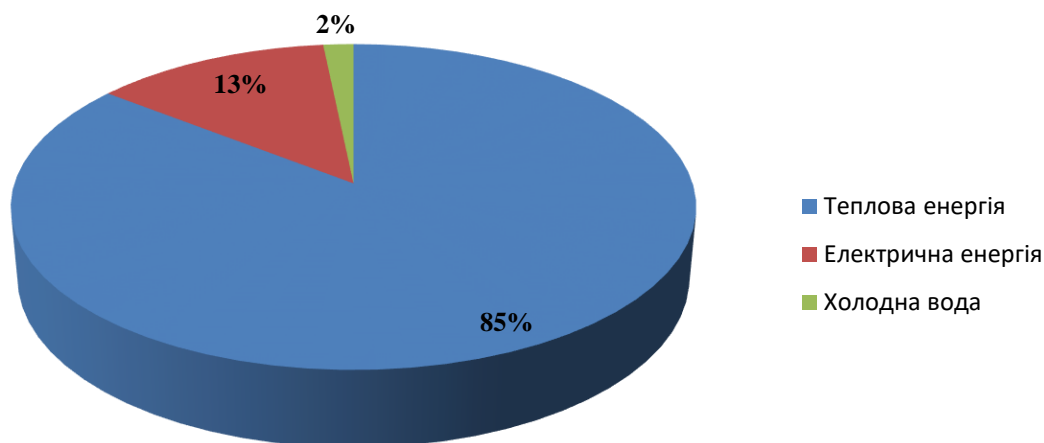


Рисунок 1.8 – Вартість спожитих енергоресурсів та води за 2020 рік

Проаналізувавши зображену діаграму ми бачимо, що найбільше коштів сплачується за теплову енергію.

1.8 Термомодернізація будівель в Україні

Невпинно зростають рахунки за електроенергію, витрати на опалення будинку та гарячу воду спонукають споживачів шукати ефективні способи скоротити непомірні витрати. Одним із таких засобів є термомодернізація будівель [9].

Термомодернізація будівель - це відносно нове поняття для жителів України. Лише кілька десятиліть тому середні витрати на комунальні платежі були настільки незначні, що мало хто звертав увагу на енергоефективність будівель. Сьогодні ж ситуація докорінно змінилася, і комплексне утеплення будівель, як і

модернізація інженерних систем, стало не просто звичною, а необхідною процедурою [9].

Тим часом, задачі термомодернізації не обмежуються економією в енергоспоживанні. Створення комфортного середовища в будівлі (нормалізація вологості і поліпшення якості повітря), можливе завдяки комплексу проведених робіт, підвищує працездатність і сприяє хорошему самопочуттю всіх, хто перебуває в приміщенні.

Процес термомодернізації включає в себе кілька обов'язкових етапів [9]:

- Обстеження існуючого стану будівлі, аналіз теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій.
- Виконання теплотехнічних розрахунків.
- Створення проекту термомодернізації.
- Реалізація заходів по її здійсненню, що передбачені проектом - виконання будівельно-монтажних робіт.

Термомодернізація будівель відноситься до капітального ремонту будівель і в останні роки може бути виділений у окремий вид проектування.

У перелік процедур, встановлених проектом термомодернізації, можуть входити такі види робіт:

- утеплення конструкцій будівлі (стін, даху, перекриттів);
- заміна віконних і балконних систем;
- влаштування паро-, гідроізоляції;
- відновлення конструкцій, які були пошкоджені в результаті робіт з термомодернізації;
- налагодження, оновлення та заміна теплових енергоустановок;
- удосконалення інженерних систем в комплексі з утепленням трубопроводів;
- установка терморегулюючих пристроїв на приладах опалення.

Термомодернізація виконується на підставі обстеження несучих конструкцій будівлі і проведення енергоаудиту (у тому числі при необхідності – тепловізійної зйомки) [10].

На етапі аналізу необхідно визначити стан огорожувальної оболонки будівлі та оцінити рівень її теплового захисту. На сьогодні є наступні шляхи оцінки цього

параметру: розрахунковий та інструментальний. Розрахунковий метод викладено у відповідних нормативних документах. Досить розповсюдженим є випадки, коли під час енергообстежень будівель коефіцієнти теплопередачі конструкцій визначаються для однорідного огороження, тобто спрощено, без урахування теплопровідних включень, хоча навіть для будівель без складних архітектурних форм вплив таких «теплових містків» є досить суттєвим. При інструментальному визначенні параметрів теплового захисту оболонки будівлі використовують прилад — термогігрометр із зондом для визначення коефіцієнту теплопередачі. Для визначення локальних термічно–неоднорідних ділянок використовується прилад — тепловізор. Порядок, за яким виконуються натурні вимірювання, регулюються сучасними нормативними документами та стандартами. Методика для розрахунків показників теплового захисту за допомогою тепловізійного обстеження чітко не сформована, а процедура визначення показників на основі даних, що були отримані при тепловізійній діагностиці, є досить трудомісткою. Тепловізійне обстеження конструкцій є ефективним інструментом для виявлення температурних аномалій та слугує основою для порівняння тепловтрат непрозорих огорожень із урахуванням різних методів оцінки теплозахисних властивостей зовнішніх стін, а саме: без урахування теплопровідних включень, тобто зовнішніх стін в теплотехнічному розрахунку; із урахуванням теплопровідних включень згідно діючих в Україні стандартів; або із урахуванням теплопровідних включень згідно європейського стандарту та інструментальне визначення характеристик теплового захисту. Енергоаудит поділяють на простий (огляд енергоспоживання, заснованого на даних лічильників будинку) та комплексний і трудомісткий (визначення та ідентифікація всіх напрямів витрат енергії і передбачення установки нового стаціонарного вимірювального устаткування його тестування), після проведення якого видаються обґрунтовані рекомендації. Існують різні способи проведення енергоаудиту. За термінами проведення енергетичні обстеження поділяють на: первинні; чергові; позачергові. За обсягами робіт, є просте (експрес — обстеження); повне (комплексне) інструментальне обстеження. Простий енергетичний аудит передбачає поверховий збір інформації з енерговикористання

та розроблення типових для даного об'єкту енергоспоживання рекомендацій із енергозбереження.

Він забезпечує базове енергетичне обстеження, робить загальні висновки про споживання енергії та має використовуватися перед початком облаштуванням систем термомодернізації будівель і споруд. Основні джерел інформації з енергоспоживання включають: витрати за період (рік, декаду, місяць), за паливо, воду, електричну енергію, покази лічильників, характеристика огорожувальних конструкцій, проектна документація по об'єкту. При цьому враховуються як обсяг споживання, так і тарифи та вартість різних видів спожитої енергії та енергоносіїв.

В ході термомодернізації здебільшого проводиться заміна вікон, дверей, герметизація стиків, утеплення стін, покриття та інших огорожуючих конструкцій [10].

В ході термомодернізації будівлі може бути виконана заміна систем опалення та вентиляції на більш ефективні та економічні. Встановлення системи автоматичного регулювання терморежиму у приміщеннях дозволяє знизити енергоспоживання будівлі [10].

Реалізація проектів термомодернізації здебільшого має термін окупності 5-10 років [10]. Але, ведучи розмову про термомодернізацію, неможливо враховувати лише прямі витрати. Слід пам'ятати про покращення комфортності умов перебування в будівлі [10].

Термомодернізація - це надзвичайно відповідальний процес, і участь досвідчених фахівців в її здійсненні є обов'язковою умовою. Крім того, така процедура, що включає цілий перелік будівельних робіт, не з дешевих. І щоб витрати окупили себе в майбутньому, про це необхідно подбати ще на стадії дослідження існуючої будівлі і планування комплексу майбутніх робіт [9].

Грамотно складений проект стане запорукою успішного результату всього процесу термомодернізації. Адже від того, наскільки правильно виконані розрахунки, запроектовані всі шари огорожувальних конструкцій, прокладені інженерні системи і підібрано обладнання, залежить вартість і ефективність термомодернізації [9].

Мало хто замислюється про державні стандарти, плануючи підвищити енергоефективність будівлі, проте саме державні будівельні норми визначають мінімальні вимоги до енергоефективності будівель, які приймаються за основу при виконанні розрахунків і підборі типу та товщини утеплювача, опалювальних приладів тощо. Крім того, дотримання державних норм в період проведення робіт з модернізації будівлі дозволить замовнику уникнути подальших труднощів в оформленні відповідної документації [9].

Таким чином, залучення фахівців до складання проекту термомодернізації будинку - рішення, вигідне одночасно в декількох площинах:

- максимальна економія коштів завдяки прийняттю тільки необхідних заходів і правильному вибору матеріалів;
- відповідність проведених робіт державним стандартам і нормам, підтверджене документально;
- точне визначення і скорочення термінів проведення термомодернізації завдяки точному переліку рекомендованих робіт.

1.9 Висновки до розділу

Під час огляду будівлі пошкоджень огорожувальних конструкцій виявлено не було.

Після порівняння характеристики систем енергопостачання будівлі та проведеного техніко-економічного аналізу споживання енергоносіїв, найбільші грошові затрати припадають на оплату теплової енергії.

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 огороджуючих 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 огороджувючих конструкцій приведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку термічних опорів огороджувючих конструкцій

| Огороджувюча 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 огороджувючі конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплені підлоги) згідно [11]:

Тепловтрати через зовнішні стіни:

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

Тепловтрати через стелю:

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

Тепловтрати через вікна:

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

Тепловтрати через двері:

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

Тепловтрати через підлогу [11]:

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

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]:

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

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:

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

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]:

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

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

де

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

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

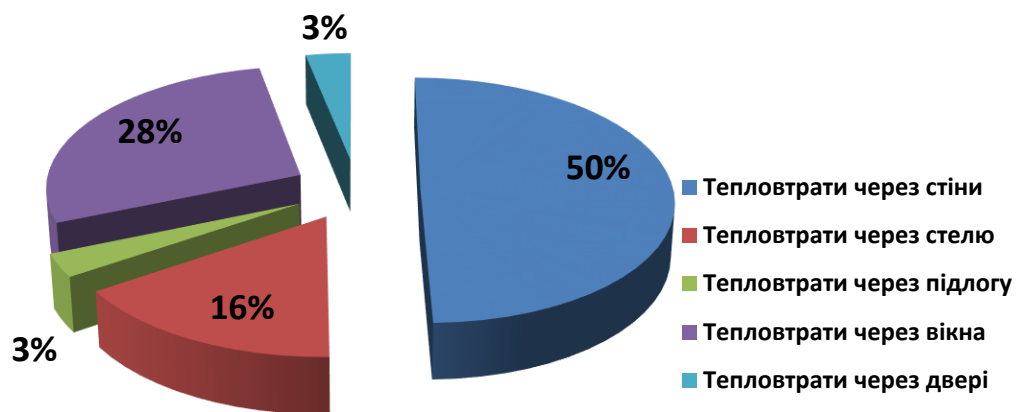


Рисунок 2.1 – Основні види тепловтрат в будівлі

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]:

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

Теплонадходження від джерел освітлення [9]:

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

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять [11]:

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

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]:

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

2.5 Теплоізоляція зовнішніх стін будівлі

Зовнішні стіни будівлі знаходяться в задовільному стані, але їх теплозахисні властивості не відповідають нормам.

Щоб зовнішні стіни відповідали нормам, рекомендується провести заходи по теплоізоляції зовнішніх стін з використанням мінеральної вати [12].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{ум.оз.к}} = (R_{q\text{min}} - R_{\Sigma\text{ППсм}}) \cdot \lambda_{\text{ум}} \quad (2.1)$$

де $\lambda_{\text{ум}} = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – теплопровідність ізолюючого матеріалу [11].

$R_{q\text{min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [7].

$$\delta_{\text{ум.см}} = (3,3 - 2,63) \cdot 0,04 = 0,1 \text{ м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

$$Q_{\text{оз.к}}^{i3} = \frac{F}{R_{q\text{min}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{см}}^{i3} = \frac{4549,74}{3,3} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 62041,9 \text{ Вт.}$$

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

$$\Delta Q_{\text{оз.к}} = Q_{\text{оз.к}} - Q_{\text{оз.к}}^{i3} \quad (2.3)$$

$$\Delta Q_{\text{см}} = 77847,3 - 62041,9 = 15805,4 \text{ Вт.}$$

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

$$Q_{ог.к}^{пik} = \Delta Q_{ог.к} \cdot \frac{(t_г - t_{cp.on})}{(t_г - t_з)} \cdot 24 \cdot n_{оп} , \quad (2.4)$$

$$Q_{ст}^{пik} = 15,8 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 151343,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 130 \text{ Гкал}.$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 130 \cdot 2142,93 = 278580,9 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Рона» вартість 1 м² плити мінераловатної товщиною 100 мм складає 110 грн [13]. Вартість робіт включаючи матеріали по встановленню плит складає 350 грн/м². Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

$$K = F_{ог.к} \cdot (C_{тов} + C_{роб}) \quad (2.5)$$

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

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

$$K = 4549,74 \cdot (110 + 350) = 2092880,4 \text{ грн}.$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} \quad (2.6)$$

$$T_{ок} = \frac{2092880,4}{278580,9} = 7,5 \text{ років}.$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [14].

Цей проект спрямований на зменшення витрат теплової енергії, шляхом утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій - стін.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз утеплення стін будинку.

Капітальні витрати на впровадження заходу будуть складати $K = 2092880,4$ грн.

Після утеплення зовнішніх стін економія тепловтрат у грошовому еквіваленті становитиме 278580,9 грн/рік.

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

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули:

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (2.7)$$

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

I_0 – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

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

t_n – момент отримання першого доходу;

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

Для подальшого аналізу складемо таблицю 2.2. Ставку дисконту візьмемо на рівні 10 % (0,1).

Таблиця 2.2 - Оцінка NPV

| Рік | Інвестиції I (капітальні витрати), грн | Вигоди D (дохід), грн | чистий грошовий потік, P_t , грн | Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$ | Приведена дисконтна вартість, грн. | NPV, грн |
|-----|---|-------------------------------|---|--|---|-------------|
| 0 | -2092880,4 | -2092880,4 | | 1 | | |
| 1 | 0 | 278580,9 | -1814299,5 | 0,909 | 253255 | -1839625 |
| 2 | 0 | 278580,9 | -1535718,6 | 0,826 | 230232 | -1609393 |
| 3 | 0 | 278580,9 | -1257137,7 | 0,751 | 209302 | -1400091 |
| 4 | 0 | 278580,9 | -978556,8 | 0,683 | 190275 | -1209816 |
| 5 | 0 | 278580,9 | -699975,9 | 0,621 | 172977 | -1036840 |
| 6 | 0 | 278580,9 | -421395 | 0,564 | 157252 | -879588 |
| 7 | 0 | 278580,9 | -142814,1 | 0,513 | 142956 | -736632 |
| 8 | 0 | 278580,9 | 135766,8 | 0,467 | 129960 | -606672 |
| 9 | 0 | 278580,9 | 414347,7 | 0,424 | 118145 | -488526 |
| 10 | 0 | 278580,9 | 692928,6 | 0,386 | 107405 | -381121 |
| 11 | 0 | 278580,9 | 971509,5 | 0,350 | 97641 | -283480 |
| 12 | 0 | 278580,9 | 1250090,4 | 0,319 | 88764 | -194716 |
| 13 | 0 | 278580,9 | 1528671,3 | 0,290 | 80695 | -114021 |
| 14 | 0 | 278580,9 | 1807252,2 | 0,263 | 73359 | -40662 |
| 15 | 0 | 278580,9 | 2085833,1 | 0,239 | 66690 | 26028 |
| 16 | 0 | 278580,9 | 2364414 | 0,218 | 60627 | 86655 |

| | | | | | | |
|----|------------|------------|-----------|-------|----------------|--------|
| 17 | 0 | 278580,9 | 2642994,9 | 0,198 | 55116 | 141771 |
| 18 | 0 | 278580,9 | 2921575,8 | 0,180 | 50105 | 191876 |
| 19 | 0 | 278580,9 | 3200156,7 | 0,164 | 45550 | 237427 |
| 20 | 0 | 278580,9 | 3478737,6 | 0,149 | 41409 | 278836 |
| 21 | 0 | 278580,9 | 3757318,5 | 0,135 | 37645 | 316481 |
| 22 | 0 | 278580,9 | 4035899,4 | 0,123 | 34223 | 350703 |
| 23 | 0 | 278580,9 | 4314480,3 | 0,112 | 31111 | 381815 |
| 24 | 0 | 278580,9 | 4593061,2 | 0,102 | 28283 | 410098 |
| 25 | 0 | 278580,9 | 4871642,1 | 0,092 | 25712 | 435810 |
| | IRR | 13% | | | 2528690 | |

$$NPV = 2528690 - 2092880,4 = 435810 \text{ грн}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту. У даному випадку $NPV > 0$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також із таблиці 2.2 бачимо, що в абсолютних величинах проект окупається за 7 роки, а з урахуванням дисконтної ставки – за 14 роки. Чистий дохід проекту становить 2528690 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 435810 грн.

Індекс дохідності PI розраховуємо :

$$PI = \frac{2528690}{435810} = 5,8$$

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

Розрахунок *IRR* у програмі Microsoft Excel проводиться у такій послідовності (табл. 2.3) [8].

1. У клітинку A1 заносимо величину інвестицій.
2. У клітинки A2 – A25 заносимо розмір чистого грошового потоку у кожному році за весь життєвий цикл проекту.
3. У клітинку A25 заносимо формулу = *IRR*(Q8 : Q48).
4. Отримуємо результат – 36 %.

Таблиця 2.3 – Оцінка *IRR* (фрагмент таблиці Microsoft Excel)

| | |
|-----------|-------------------------|
| | Q |
| 1 | 2 |
| 2 | -2092880,4 |
| 3 | 278580,9 |
| 4 | 278580,9 |
| ... | ... |
| 24 | 278580,9 |
| 25 | 278580,9 |
| Формула | = <i>IRR</i> (Q8 : Q25) |
| Результат | 13 % |

$IRR > r$, тобто *IRR* перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту.

Проект можна прийняти до впровадження.

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 14 + \frac{2092880,4 - 2052218,7}{66690} = 14,6 \text{ року}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

| № пор. | Перелік показників | Значення |
|---------------------------------|--|-----------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Капітальні вкладення, грн | 2092880,4 |
| 2 | Річні експлуатаційні витрати, грн | – |
| 3. Техніко-економічні показники | | |
| 3.1 | Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн | 278580,9 |
| 3.2 | Чистий дисконтований дохід, грн | 435810 |
| 3.3 | Індекс дохідності | 5,8 |
| 3.4 | Внутрішня норма дохідності, % | 13 |
| 3.5 | Дисконтований термін окупності, років | 14,6 |

Цей енергоощадний захід є ефективним, оскільки $NPV > 0$. Отже, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим).

2.6 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 корпусу.

Методику розрахунку теплового насоса наведено в [15].

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

Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб опалення, з урахуванням годин його роботи [15]:

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

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]:

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

Де $P_{ТН}$ – потужність насоса [15].

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

φ - коефіцієнт перетворення ТН [12].

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

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) [16].



Рисунок 2.2 – Тепловий насос NIBE

NIBE 1345 – це найпотужніший тепловий насос ґрунт-вода або вода-вода з лінійки двохкомпресорних з одним фреоновим контуром [16]. Принципова схема розміщення теплового насоса зображена на рисунку 2.3 [16].



Рисунок 2.3 – 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 $K = 25000$ євро [17] (Станом на 19.11.2021 року 1 євро= 30 грн.) Тоді $K = 25000 \cdot 30 = 750000$ грн.

Монтаж теплового насосу складає 30 % від його вартості.

Тоді загальна вартість теплового насосу складає:

$$K_H = 750000 \cdot 1,3 = 975000 \text{ грн.}$$

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

$$\Delta E = 207,6 \cdot 2142,93 = 444866,04 = \text{грн} \quad (2.9)$$

Простий термін окупності

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{975000}{444866,04} = 2,1 \text{ роки.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [14].

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.5. Результати занесемо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

| № пор. | Перелік показників | Значення |
|---------------------------------|-----------------------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Капітальні вкладення, грн | 975000 |
| 2 | Річні експлуатаційні витрати, грн | – |
| 3. Техніко-економічні показники | | |

| | | |
|-----|--|----------|
| 3.1 | Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн | 444866,4 |
| 3.2 | Чистий дисконтований дохід, грн | 3063067 |
| 3.3 | Індекс дохідності | 2,6 |
| 3.4 | Внутрішня норма дохідності, % | 46 |
| 3.5 | Дисконтований термін окупності, років | 3,4 |

2.7 Встановлення сучасних екологічних та енергозберігаючих вікон

В будівлі на даний момент встановлені вікна з пластикових профілів із заповненням однокамерними склопакетами.. Дані вікна були встановлені давно, і вже морально застарілі. Рекомендується замінити старі вікна на сучасні.

Вікна встановлюємо металопластикові, двохкамерні фірми «Газда» [18]. Характеристика вікон наведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Характеристика вікон

| № з/п | Найменування | Розмір, м | Кількість, шт. |
|-------|---------------------|-----------|----------------|
| 1. | Вікна з ПВХ-профілю | 1,65x1,7 | 140 |
| 2. | Вікна з ПВХ-профілю | 2,9x1,3 | 4 |
| 3. | Вікна з ПВХ-профілю | 2,9x2,85 | 10 |

Загальна площа вікон, що потребують заміни складає 397,2 м².

Вартість конструкції, включаючи доставку та монтаж, наступна:

- для вікна розміром 1650×1700 мм – 6500 грн;
- для вікна розміром 2900×1300 мм – 7300 грн;
- для вікна розміром 2900×2850 мм – 8400 грн;

$$K_{\text{вкн}} = 140 \cdot 6500 + 4 \cdot 7300 + 10 \cdot 8400 = 1023200 \text{ грн.}$$

Тепловтрати до заміни вікон на металопластикові наступні:

$$Q_{\text{вкн}} = 44178,8 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати після заміни вікон на металопластикові з нормованим опором теплопередачі:

$$Q_{\text{втр}}^{\text{плст}} = \frac{397,2}{0,75} \cdot (20 - (-25)) = 23832 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати на інфільтрацію відсутні.

Різниця тепловтрат до і після заміни вікон складе:

$$\Delta Q = 44178,8 - 23832 = 20346,8 \text{ Вт.}$$

Знайдемо різницю тепловтрат через вікна за рік:

$$Q_{\text{втр}}^{\text{рік}} = 20346,8 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 43426 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік.}$$

Економію втрат теплоти за рахунок впровадження енергозберігаючого заходу знаходимо за формулою :

$$B = 43426 \cdot 0,00086 = 37,3 \text{ ГКал} / \text{рік.}$$

Економія від заміни вікон в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 37,9 \cdot 2142,93 = 81217 \text{ грн} / \text{рік.}$$

Термін окупності складе:

$$T = \frac{1023200}{81217} = 12,6 \text{ років.}$$

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.5. Результати занесемо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

| № пор. | Перелік показників | Значення |
|---------------------------------|--|----------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Капітальні вкладення, грн | 1023200 |
| 2 | Річні експлуатаційні витрати, грн | – |
| 3. Техніко-економічні показники | | |
| 3.1 | Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн | 81217 |
| 3.2 | Чистий дисконтований дохід, грн | 285990 |
| 3.3 | Індекс дохідності | 4,5 |
| 3.4 | Внутрішня норма дохідності, % | 6 |
| 3.5 | Дисконтований термін окупності, років | 14,6 |

2.8 Висновки до розділу

Опір теплопередачі огорожуючих конструкцій (стін та вікон) не відповідає сучасним нормам. З метою підвищення рівня енергоефективності будівлі пропонується запровадження енергозберігаючих заходів. Розраховано простий та дисконтований термін окупності енергозберігаючих заходів.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження

Під час роботи на об'єкті на працюючих 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 [19].

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні [20]. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші - на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів

Електробезпека

На основі «Правила улаштування електроустановок» [21] 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.

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].

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» [24] 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 замкнених 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.

В додатку А наведено схему забезпечення вимушеної евакуації людей.

3.2 Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу

Евакуація – це організований вивід (вивіз) населення (у тому числі і персоналу суб'єктів господарської діяльності) із осередків ураження внаслідок аварій, катастроф і стихійного лиха та зон радіаційного забруднення місцевості і хімічного зараження та катастрофічного затоплення.

Згідно з [25] при загрозі хімічного ураження оповіщаються всі працівники та студенти, які знаходяться на території підприємства. Вентиляційні установки та кондиціонери терміново виключаються, закриваються вікна, двері, кватирки, приміщення герметизуються. Вихід із будівлі й вхід до неї припиняється до особливого розпорядження адміністрації. Працівникам та студентам видаються засоби індивідуального захисту, одночасно вживаються заходи із забезпечення відвідувачів ватно-марлевими пов'язками. Відповідальні за забезпечення герметизації приміщень (посада, прізвище), за забезпечення працівників та студентів засобами індивідуального захисту (посада, прізвище) [25].

При виявленні у приміщенні, де укриваються працівники та студенти, хімічно небезпечної речовини працівники та студенти повинні вийти (вказати куди) або з дозволу адміністрації залишити зону забруднення. Виходити із зони необхідно тільки у засобах індивідуального захисту та рухатися в напрямку, перпендикулярному напрямку вітру [25].

При виникненні пожежі на підприємстві всі працівники та студенти зобов'язані суворо виконувати вимоги Інструкції з пожежної безпеки, евакуацію проводити згідно з Планом евакуації. Відповідальність за дотримання заходів пожежної безпеки та організацію дій учасників навчально-виховного процесу при загрозі або виникненні пожежі покладається на (посада, прізвище) [25].

При радіоактивному забрудненні території навчального закладу або при загрозі забруднення всі працівники та студенти повинні уважно слідкувати за

мовним повідомленням управління з питань надзвичайних ситуацій, яке передається по радіо та телебаченню після попереджувального сигналу «Увага всім», за інформацією інших засобів масової інформації про обстановку в місті та суворо виконувати рекомендації із захисту від радіоактивного зараження. Скорочується до мінімуму вхід у будівлю та вихід з неї. Контроль за дотриманням режиму поведження й роботи працівників та студентів, який дозволяє максимально понизити наслідки радіоактивного опромінення, покладається на (посада, прізвище) [25].

При загрозі або виникненні катастрофічних стихійних лих працівники та студенти по розпорядженню адміністрації повинен зупинити навчання, виконати необхідні протипожежні заходи, відключити від електромережі електрообладнання, підготуватися до евакуації або вивезення до безпечного місця найбільш цінних матеріальних засобів. Контроль за обстановкою на території навчального закладу при стихійних лихах і за вжитими заходами захисту персоналу покладається на (посада, прізвище). Якщо з'явилися постраждалі, їм надається перша медична допомога із залученням санітарних дружин або постів ВКІ, вживаються заходи з госпіталізації постраждалих до медичних закладів [30]. Працівник (посада, прізвище) постійно слідкує за інформацією, яку надає управління з питань надзвичайних ситуацій, про обстановку в місті та доводить її до адміністрації й персоналу навчального закладу.

При надходженні анонімної інформації про загрозу на території підприємства або поблизу нього терористичного акту працівник, який прийняв її, повинен терміново доповісти керівнику підприємства та до правоохоронних органів і діяти згідно з розпорядженнями та рекомендаціями [25].

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи був проведений аналіз ефективності енергопостачання корпусу Н Сумського державного університету, який знаходиться 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 $\Delta Q = 109757,2 \text{Вт}$.

Запропоновані наступні заходи з термомодернізації об'єкту для підвищення рівня енергоефективності:

1) Теплоізоляція зовнішніх стін будівлі.

- Капітальні витрати на впровадження даного заходу складають: $K = 2092880,4$ грн;

- економія в грошовому еквіваленті: $\Delta E = 278580,4$ грн;

- термін окупності $T_{ок} = 7,5$ років;

- дисконтований термін окупності $PP = 14,6$ років.

2) Встановлення теплового насосу для системи теплопостачання.

- Капітальні витрати на впровадження даного заходу складають: $K = 975000$ грн;

- економія в грошовому еквіваленті: $\Delta E = 444886,4$ грн;

- термін окупності $T_{ок} = 2,1$ роки;

- дисконтований термін окупності $PP = 3,4$ роки.

3) Встановлення сучасних екологічних та енергозберігаючих вікон.

- Капітальні витрати на впровадження даного заходу складають: $K = 1023200$ грн;

- економія в грошовому еквіваленті: $\Delta E = 81217$ грн;

- термін окупності $T_{ок} = 12,6$ років;

- дисконтований термін окупності $PP = 14,6$ років.

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

1) Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.

2) 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://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. Комплексна термомодернізація [електронний ресурс] Режим посилання: <https://proektdoma.in.ua/proekt-proektuvannja-termomodernizacii>

10. Термомодернізація будівель [електронний ресурс] Режим посилання: <http://poltpro.pp.ua/projects/термомодернізація-будівель/>

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. Теплоізоляційні матеріали [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bm.kiev.ua/utepliteli/minvata/izover-kt-40-50mm-details.html>

12. Магазин Рона електронний ресурс] Режим посилання: <https://rona.ua/shop/>

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

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

15.

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

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

18. Металопластикові вікна [електронний ресурс] Режим посилання:

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

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

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

22. 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

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

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

25. ІНСТРУКЦІЯ щодо дій при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій учасників навчально-виховного процесу [електронний ресурс] Режим посилання: http://vki.vin.ua/download/CuvilZahust/instrukcia_ns.pdf

ДОДАТОК А

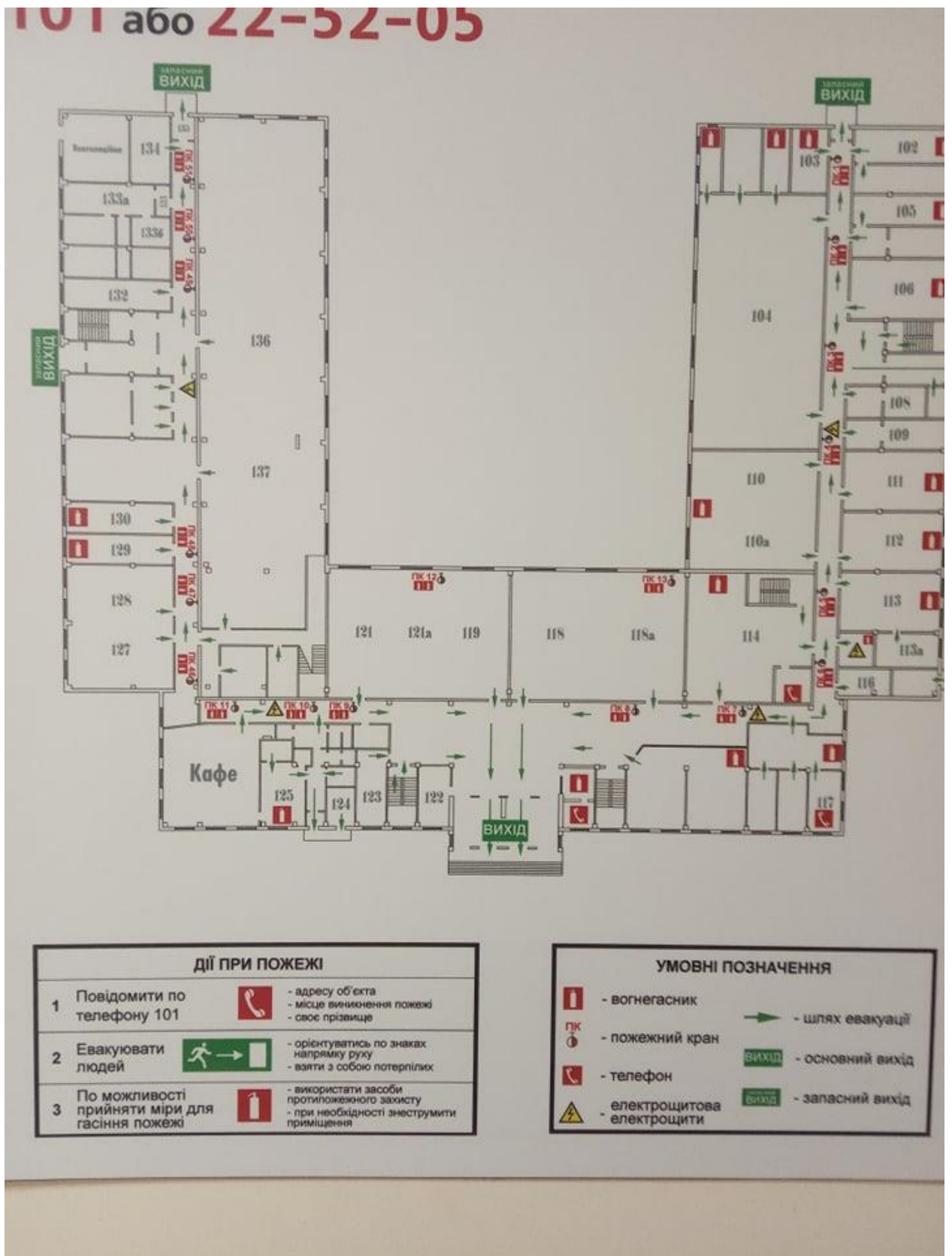


Рисунок А1- Схема евакуації з навчального корпусу