

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

**Кафедра електропостачання**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

Спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Спеціалізації: Енергетичний менеджмент та енергоефективність

**на тему: Обґрунтування заходів енергозбереження житлової будівлі**

Виконав:

студентка IV курсу, групи ОН-371

*Меліхова Маріанна Василівна* \_\_\_\_\_

Керівник:

*к.т.н., доц. Прокопенко В.В.* \_\_\_\_\_

**Консультанти:**

Теплова частина \_\_\_\_\_

(назва розділу )

к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков О.В.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Охорона праці \_\_\_\_\_

(назва розділу )

д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_

(назва розділу )

ас. Прокопенко І.Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

**Рецензент** \_\_\_\_\_

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

**Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

зі спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації: Енергетичний менеджмент та енергоефективність

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Меліхова Маріанна Василівна**

1. Тема проекту «Обґрунтування заходів енергозбереження житлової будівлі за адресою вул.Сулеймана Стальського, 16»,

керівник проекту *к.т.н., доц. Прокопенко В.В.*, затверджені наказом по університету від «21» травня 2020 р. №1131-с

2. Термін здачі студентом закінченого проекту “12” червня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту: схема електро-та теплопостачання, параметри будівлі, споживання енергетичних ресурсів, перелік електроприймачів.

4. Перелік розділів, які мають бути розроблені

а) енергетична ефективність постачання та використання електричної енергії:  
- Енергетичний аудит електропостачальної системи житлового будинку по вулиці Сулеймана Стальського 16;

б) енергетичний аудит системи теплопостачання: - Енергетичний аудит теплопостачання житлового будинку по вулиці Сулеймана Стальського 16;

в) охорона праці та пожежної безпеки: - Охорона праці та пожежної безпеки під час встановлення сонячних панелей.

### 5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Однолінійна схема електропостачання об'єкту проектування.
2. Результати енергетичного аудиту електропостачальної системи об'єкту.
3. Зовнішній вигляд та дані по житловому будинку по вулиці Сулеймана Стальського 16.
4. Результати енергетичного аудиту теплопостачальної системи об'єкту.

### 6. Консультанти :

---

*Теплова частина:* к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков О.В.

*Охорона праці:* д.т.н., проф. Третькова Л.Д.

*Нормоконтроль:* ас. Прокопенко І.Д.

7. Дата видачі завдання “18” травня 2020 р.

---

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

#### виконання дипломного проекту

студентом

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту	Позначки керівника про виконання завдань
	Розрахунок електричної частини	20.05.-05.06.20	
	Розрахунок теплової частини		
	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-14.06.20	
	Захист дипломного проекту	16.06.20	

Студентка

Меліхова М.В.

Керівник проекту

В.В. Прокопенко

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему: «Обґрунтування заходів енергозбереження житлової будівлі» складається з 74 сторінок, має 19 рисунків, 21 таблицю, 22 літературних джерела та 4 робочих креслення.

Метою роботи є дослідження житлового будинку за адресою м.Київ вулиця Стальського 16 для обґрунтування заходів його якості енергетичної ефективності постачання та використання електричної і теплової енергії. Основним із завдань дипломного проекту є вміння обґрунтовувати енергозберігаючі заходи. Окрім цього важливо розуміти, які саме заходи будуть найдоцільнішими, які ні.

В дипломному проекті також розглянуто питання охорони праці, безпосередньо при встановленні сонячних панелей.

Ключові слова:, ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ, ВИТРАТИ, СПОЖИВАННЯ, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, ПОТУЖНІСТЬ, ТЕПЛОВТРАТИ.

## **ABSTRACT**

The topic of the following project is "Reasoning the measures of increasing the energy efficiency of the residential building", consists of 74 pages, has 19 figures, 21 tables, 22 references and 4 working drawings.

The purpose of this work is to rationalise the measures of energy efficiency of a residential building, located in Kyiv st. Stalskogo 16. In the course of work the audit of power supply and heat supply systems with introduction of measures on energy saving is carried out.

**Key words:** ENERGY EFFICIENCY MEASURES, RETURN PERIOD, COSTS, CONSUMPTION, SOLAR PANELS, POWERFUL.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТ .....	10
1.1 Короткий опис об'єкту .....	10
1.2 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки .....	11
1.3 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР .....	12
1.4 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності .....	14
Висновки до розділу 1 .....	14
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ .....	15
2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.3 Повірочний розрахунок навантажень об'єкту .....	18
2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення .....	18
2.5 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі .....	22
2.7 Оцінка стану та ефективності системи обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті .....	29
2.8 Розроблення типових заходів з енергоефективності для споживачів електричної енергії .....	29
2.8.1 Заміна системи освітлення сходових клітин житлового будинку .....	29
2.8.2 Заміна проводки .....	31
Висновки до розділу 2 .....	34
3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ .....	35
3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергетичної ефективності в будівлях .....	35
3.2 Визначення теплового навантаження будівлі .....	36

3.3 Аналіз розрахункових та фактичних даних по споживанню з приведенням до нормативних погодних умов .....	39
3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огороджувальних конструкцій .....	42
3.5 Розроблення типових заходів з енергоефективності для інженерних мереж будівлі.....	53
3.6 Рівень енергоспоживання після реалізації таких заходів .....	57
Висновки до розділу 3 .....	58
<b>4 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....</b>	<b>60</b>
Висновки до розділу .....	62
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ .....</b>	<b>63</b>
5.1 Загальна характеристика об'єкта, технічні характеристики серійного енергетичного устаткування та систем енергопостачання.....	63
5.2 Визначення обсягів і послідовності робіт у ході експлуатації або під час модернізації енергетичного об'єкту.....	64
5.3 Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях.....	66
5.4 Визначення та оцінка шкідливих і небезпечних виробничих чинників	67
5.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці .....	67
5.6 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників .....	68
5.7 Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів....	70
5.8 Розрахунок технічного заходу з безпеки експлуатації.....	72
Висновки до розділу 5 .....	73
<b>6 ВИСНОВКИ .....</b>	<b>75</b>
<b>6 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>76</b>

## ВСТУП

**Енергетичний аудит (енергетичне обстеження)** – обстеження (за ініціативи споживача) організацій, підприємств, компаній та будівель різного типу для аналізу інформації щодо використання ними паливно-енергетичних ресурсів, можливості покращення механізмів енергетичної ефективності та впровадження системи енергетичного менеджменту для економії коштів та паливно-енергетичних ресурсів. У ході проведення енергетичного обстеження визначається стан досліджуваного об'єкту, причини втрати енергії, обираються шляхи зменшення цих витрат та очіквані витрати на них, рахуються баланси.

Для проведення енергетичного аудиту мають бути враховані всі фактори, що у подальшому вплинуть на те, якими методами буде вирішено покращити стан енергогосподарства та впровадити нові системи.

Результатом проведення даної роботи має бути готовий «Звіт про енергетичне обстеження». Складовими такого звіту мають бути дані і характеристики підприємства, можливості економії та рекомендації щодо подальшого використання паливно-енергетичних ресурсів з урахуванням мети енергозбереження та рекомендації щодо покращення ефективності роботи.

Звіт дозволяє замовнику зрозуміти реальну картину стану організації, підприємства, будівлі, тощо всіх втрат ресурсів. При умові слідування рекомендаціям, що були розроблені на основі енергетичного обстеження замовник може уникнути перевитрат, направити вилучені кошти на ефективніше виробництво.

Дана дипломна робота базується на основах енергетичного аудиту і спрямована на те щоб:



1. Встановити фактичний стан житлової будівлі по енерговикористанню
2. Знайти основні проблеми, що пов'зані нераціональним використанням енерго ресурсів житлового будинку
3. Розробити і обґрунтувати план заходів, що дозволять знизити витрати самих енергетичних ресурсів та коштів на них
4. Виявити необхідні розміри енергоспоживання житлового будинку

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТ

## 1.1 Короткий опис об'єкту

Об'єктом дослідження у бакалаврській роботі є житловий будинок за адресою вулиця Сулеймана Стальського, 16

В таблиці 1.1 представлена інформація по житловому будинку.

Таблиця 1.1 - Інформація по житловому будинку

Назва об'єкту	Комунальне підприємство «Керуюча компанія з обслуговування житлового фонду Дніпровського району м.Києва»
Адреса	м. Київ, вул. Сулеймана Стальського, 16
Контактна особа	Вітковський Сергій Іванович
Посада	Голова комунального підприємства
Телефон	0445174396
Призначення споруди	Житловий будинок
Рік введення в експлуатацію	1963
Температура зона регіону	I

Житловий будинок має 5 поверхів, 35 квартир. Стіни об'єкту дослідження цегляні, фундамент- бутові камені, має гіпсолітові перегородки, підлога- цементно-піщана стяжка, паркет, плитка, покрівля- шифер,

перекриття –збірні залізобетонні панелі. Вікна металопластикові склопакети, дерев'яні. Підвал неопалювальний. Загальна площа забудови 2515,8 м<sup>2</sup>.

Житлова площа становить 1600,5м<sup>2</sup>. Площа зовнішніх стін 1691,2 м<sup>2</sup>. Загальна опалювальна площа 2265 м<sup>2</sup>. Площа покрівлі 2000 м<sup>2</sup>. Площа фасадів 2196,7м<sup>2</sup>. Площа засклення 471,4 м<sup>2</sup>. Площа зовнішніх дверей 34,1 м<sup>2</sup>. Площа підлоги над неопалюваним підвалом 113м<sup>2</sup>. Площа горищних перекидів 737,7 м<sup>2</sup>.

## **1.2 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки**

Житловий будинок має однолінійну схему електропостачання. Електропостачання житлового будинку здійснюється від ТП-3517. У ТП встановлено один трансформатор ТМ 250, S=250 кВ·А, напругою 10/0,4В. Житловий будинок живиться від ТП кабелем АВВГ 3×70.

Житловий будинок сплачує за електричну енергію за фактичними показами індукційного лічильника типу: СТ-ЭА12Д (Іном=5А, U=380В) (рис. 1.1) , та не сплачує за втрати у трансформаторі та в лінії електропередач.

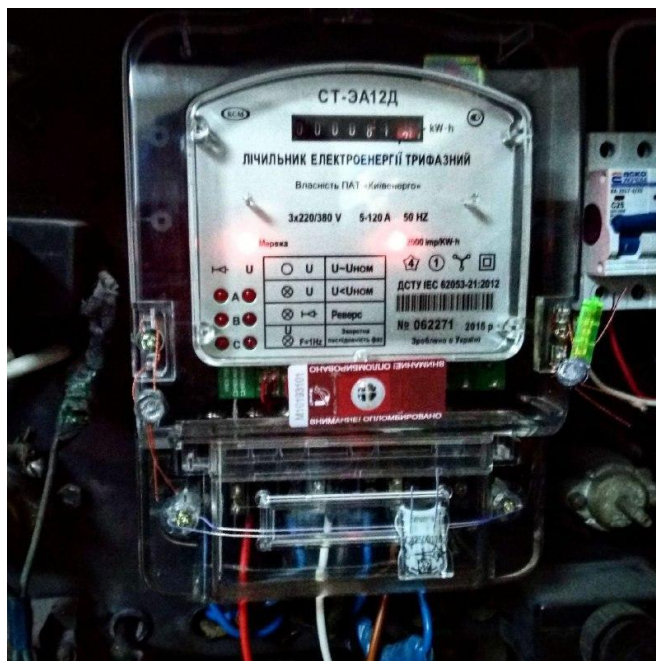


Рисунок 1.1 Зовнішній вигляд лічильника спожитої електричної енергії

### 1.3 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР

Таблиця 1.2 - Річне споживання електричної енергії сходовими клітинами житлового будинку за 2017-2019р.

Рік	2017		2018		2019	
Місяць	кВт*год	грн	кВт*год	грн	кВт*год	грн
Січень	1474	969,155	1490	1601,75	1367	1913,8
Лютий	1423	935,6225	1432	1539,4	1356	1898,4
Березень	1397	1152,525	1396	1954,4	1213	1698,2
Квітень	1367	1127,775	1289	1804,6	1178	1649,2
Травень	1345	1109,625	1134	1587,6	1100	1540

Червень	1245	1027,125	1089	1524,6	1060	1484
Липень	1189	980,925	1120	1568	1058	1481,2
Серпень	1265	1043,625	1214	1699,6	1102	1542,8
Вересень	1342	1442,65	1280	1792	1190	1666
Жовтень	1376	1479,2	1380	1932	1256	1758,4
Листопад	1412	1517,9	1410	1974	1332	1864,8
Грудень	1470	1580,25	1450	2030	1438	2013,2
Всього	16305	14366,378	15684	21007,95	14650	20510

Річне споживання електричної енергії сходишковими клітинами житлового будинку за місяцями зображено на рисунку 1.2

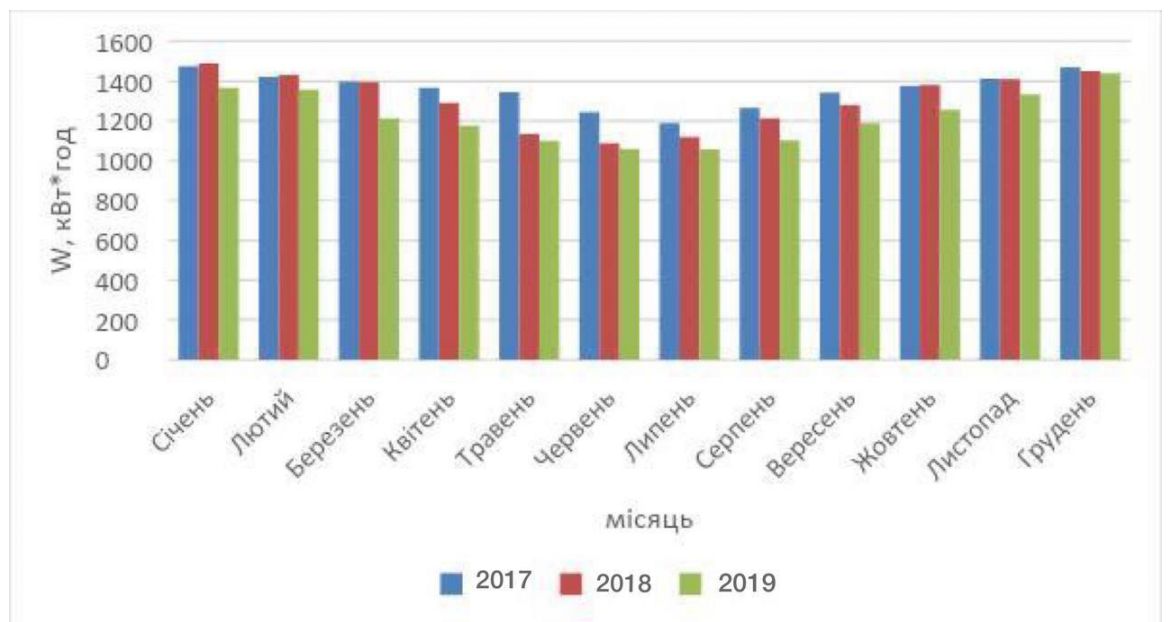


Рисунок 1.2 – Графік споживання електричної енергії сходишкових клітинах за місяцями за 2017-2019р.

На основі приведених даних можна побачити, що споживання протягом року є нерівномірним. Причиною збільшення використання електричної енергії взимку та восени обумовлена тим, що в цей час світловий день триває менше, тому освітлення використовується більше, аніж навесні та влітку. У 2018 та 2019 роках було прийнято рішення замінити частину розжарювальних ламп на світлодіодні лампи, що привело до зменшення витрат на електроенергію.

#### **1.4 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності**

Можливо відмітити тенденцію зниження споживання теплової енергії на опалення у 2019 році, порівняно з 2018 роком на 5%. Також можна відмітити нестиковки у споживанні теплової енергії у певних місяцях, що обумовлено різною температурою навколишнього середовища. У свою чергу відмінність споживання електричної енергії обумовлена використанням електричних приладів та строю їх роботи. Більша частина від загального споживання випадає на побутову техніку та освітлення. Витрати електроенергії на освітлення зростають у холодний період. Теж саме відбувається у перш літні місяці. Причина – припинення постачання централізованого постачання теплої води, у зв'язку з проведенням технічних та випробувальних робіт. У цей період підігрів води здійснюється за допомогою котлів. Те, як буде споживатись холодна вода залежить від приладів в експлуатації, режиму їх роботи та особистих потреб користувачів.

#### **Висновки до розділу 1**

У першому розділі розглядається питання енергоаудиту. Приводиться аналіз даних, необхідних для обґрунтування можливих заходів для

модернізації існуючих систем. Проаналізувавши графіки споживання паливно-енергетичних ресурсів можна дійти побачити поступове зниження, а також характерне для житлових будинків нерівномірне споживання енергії, що пов'язане з різницею температур, у залежності від сезону та інших факторів.

## 2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз

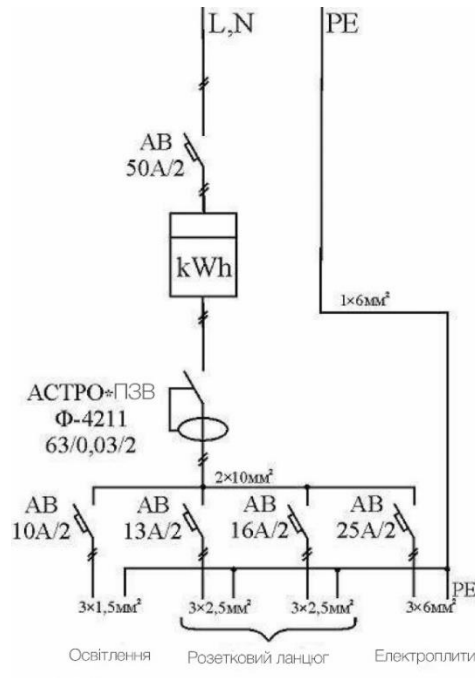


Рис.2.1 – Схема електропостачання

### 2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії

Основні групи пристроїв, що є споживачами електричної енергії житлового будинку є

- освітлення;
- навантаження квартир;
- насоси



Освітлення схожінкових клітні житлового будинку за допомогою світлодіодних ламп - 1 Вт у кількості 8 штук, та лампами розжарювання потужністю - 75 Вт у кількості 8 штук.

Енергоспоживаюче обладнання будинку представимо у вигляді таблиці. 2.1

Таблиця 2.1 - Енергоспоживаюче обладнання

Найменування енергетичного обладнання та електроприймачів	Встановле на потужніст ь, кВт	К-сть одиниць обладнання, шт	Загальна встановлена потужність, кВт
Освітлення			
Лампи розжарювання	0,075	8	0,6
Лампи світлодіодні	0,012	8	0,096
Всього	0,087	16	0,696
Квартири житлового будинку			
Квартири I рівня електрифікації (з плитами на природньому газі)	1,35	35	47,25
Насоси житлового будинку			
Насос опалення	0,45	1	0,45
Насос ХВП	1,5	1	1,5
Всього	0,95	2	1,95

Електроприймачі у кількості 15 штук розраховані на 380 В напруги, струм - трифазний, частотою 50 Гц.

Електроприймачі належать до другої категорії, що означає великі збитки,

Найпотужніший споживач електричної енергії - кондиціонер потужністю 5 кВт.

Найменш потужним споживачем є світлодіодна лампа 12 Вт.

### **2.3 Повірочний розрахунок навантажень об'єкту**

### **2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення**

За методом коефіцієнта використання розрахуємо освітлення.

У кожному світильнику знайдемо потрібний потік  $\Phi$  визначимо з формули:

$$\Phi = \frac{E_{\min} K_z F z}{\eta} \quad (2.10)$$

де  $K_z$  – коефіцієнт запасу;

$E_{\min}$  – мінімальна освітленість, лк ;

$F$  – площа, приміщення, що освітлюється, м<sup>2</sup> ;

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку.

Коефіцієнт використання  $\eta$  залежить від коефіцієнтів відбиття стін  $\rho_c$ , типу світильника, стелі  $\rho_{ст}$ , робочої поверхні  $\rho_p$ , та від показника приміщення  $i$ , який враховує співвідношення розмірів приміщення. Приймаємо:

$$\rho_p = 0,7;$$

$$\rho_c = 0,5;$$

$$\rho_{ст} = 0,3.$$

Коефіцієнт запасу  $K_z = 1,5$ .

Мінімальна освітленість  $E_{min} = 200$  лк.

Коефіцієнт нерівномірності  $z = 1,15$ .

Площа приміщення:

$$F = A B ; \quad (2.11)$$

$$F = 12 \cdot 6 = 72 \text{ м}^2.$$

Визначимо індекс приміщення – показник, що враховує співвідношення розмірів приміщення:

$$i = \frac{AB}{H \left( \frac{A+B}{2} \right)} ; \quad (2.12)$$

$$h = H - h_p - h_c,$$

де  $H = 4$  м – висота приміщення майстерні;

$h_p = 0,8$  – висота розрахункової поверхні над підлогою;

$h_c = 0,2$  м – відстань світильників від перекриття згідно.

Підставивши значення отримаємо:

$$h = 4 - 0,8 - 0,2 = 3 \text{ м}.$$

$$i = \frac{12 \cdot 6}{3 \cdot (12 + 6)} = 1,3;$$

Обираємо люмінесцентні лампи з характеристиками:

- напруга 220 В;
- потужність 36 Вт;
- світловий потік 2100 лм;
- час горіння 12000 год;
- тип цоколя G5.3.

Знаходимо коефіцієнт світлового потоку:

$$\eta = 0,74.$$

Тоді світловий потік знаходимо:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 72 \cdot 1,15}{0,74} = 33567,58 \text{ лм.}$$

Знаходимо кількість світильників за формулою:

$$N_{\text{св}} = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{л}}}; \tag{2.13}$$

$$N_{\text{св}} = \frac{33568}{2100} = 15,9 \approx 16 \text{ шт.}$$

Схему розміщення ламп наведемо на рисунку 2.2

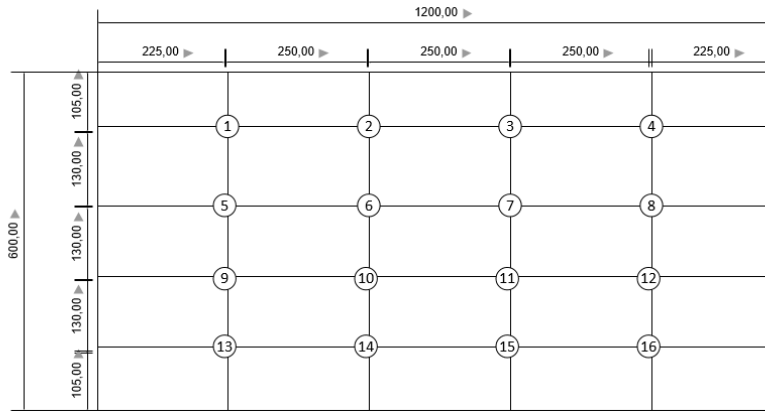


Рисунок 2.2 – Схема розміщення світильників

Активну потужність освітлювального навантаження житлового будинку та теплиці при коефіцієнті попиту  $K_{\Pi} = 1$  визначимо так:

$$P_{\text{осв}} = n P_{\text{л}} K_{\Pi}; \quad (2.14)$$

$$P_{\text{осв}}^{\text{ж/б}} = 12 \cdot 0,075 \cdot 1 + 12 \cdot 0,012 \cdot 1 = 1,044 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{осв}}^{\text{цех}} = 1120 \cdot 0,036 \cdot 1 = 40,32 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{сум}}^{\text{осв}} = P_{\text{осв}}^{\text{ж/б}} + P_{\text{осв}}^{\text{цех}} = 1,044 + 40,32 = 41,364 \text{ кВт.}$$

Реактивну потужність освітлювального навантаження визначимо через формулу:

$$Q_{\text{сум}}^{\text{осв}} = P_{\text{сум}}^{\text{осв}} \cdot \text{tg} \varphi; \quad (2.15)$$

$$Q_{\text{сум}}^{\text{осв}} = 41,364 \cdot 0,33 = 13,65 \text{ квар.}$$

Визначимо повну потужність освітлювального навантаження:

$$S_{\text{сум}}^{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{сум}}^{\text{осв}2} + Q_{\text{сум}}^{\text{осв}2}}; \quad (2.16)$$

$$S_{\text{сум}}^{\text{осв}} = \sqrt{41,364^2 + 13,65^2} = 43,56 \text{ кВА.}$$

## 2.5 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі

Приведемо баланс споживання електроспоживачами житлового будинку енергії за 2019 рік. За формулою розрахуємо споживання електричної енергії одиниці обладнання за формулою:

$$W_i = P_{\text{вст } i} \cdot n \cdot k_{\text{в } i} \cdot T_{\text{роб } i}, \quad (2.31)$$

де  $P_{\text{вст } i}$  - встановлена потужність одиниці відповідного обладнання, кВт, яка береться із паспортних даних обладнання;

$n$  - кількість одиниць обладнання, шт;

$k_{\text{в } i}$  - коефіцієнт використання встановленої потужності;

$T_{\text{роб } i}$  - тривалість роботи відповідного обладнання за місяць. Тривалість роботи обладнання виберемо за грудень та липень. Розрахунки зведемо до таблиць 2.2 та 2.3

Таблиця 2.2 – Електричний баланс для грудня 2019 року

Найменування електроспоживаючого обладнання	Встановлена потужність одиниць обладнання, кВт	Кількість одиниць обладнання, шт	Загальна встановлена потужність обладнання	$K_{\text{в}}$	Тривалість роботи, год/міс	Загальне електроспоживання, кВт·год
---	--	----------------------------------	--	----------------	----------------------------	-------------------------------------

	кВт		, кВт			
Освітлення житлового будинку						
Лампи розжарювання	0,075	8	0,6	1,0	450	270
Світлодіодні лампи	0,012	8	0,096	1,0	450	43,2
Всього на освітлення						313,2
Квартири житлового будинку						
Квартири І рівня електрикації (з плитами на природньому газі)	1.35	35	47,25		720	34020
Насоси житлового будинку						
Насос опалення	0,45	1	0,45	0,7	720	226,8
Насос ХВП	1,5	1	1,5	0,7	720	756
Всього на насоси						982,8

Таблиця 2.3 – Електричний баланс для липня 2019 року

Найменування електроспоживаючого обладнання	Встановлена потужність одиниць обладнання, кВт	Кількість одиниць обладнання, шт	Загальна встановлена потужність обладнання, кВт	К <sub>в</sub>	Тривалість роботи, год/міс	Загальне електро- споживання, кВт·год
Освітлення житлового будинку						
Лампи розжарювання	0,075	8	0,6	1,0	270	162
Світлодіодні лампи	0,012	8	0,096	1,0	270	25,92
Всього на освітлення						187,92
Квартири житлового будинку						
Квартири I рівня електрифікації (з плитами на природньому газі)	1,35	35	47,25		720	34020
Насоси житлового будинку						
Насос ХВП	1,5	1	1,5	0,7	720	756
Всього на насоси						756
Загальне споживання активної енергії						34963,92

Відносне відхилення фактичного і розрахункового споживання електричної енергії житловим будинком розраховуємо за формулою:



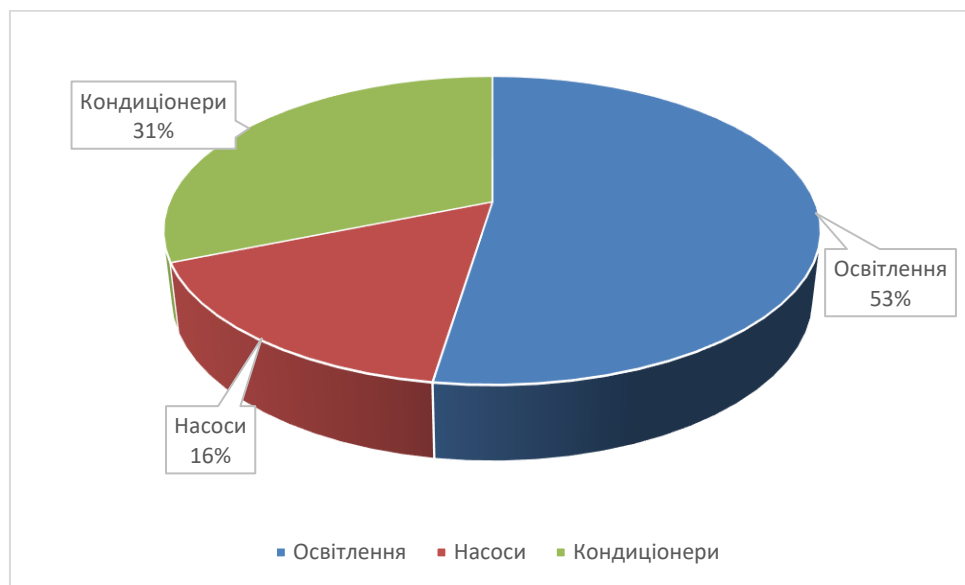
$$\Delta W = \frac{|W_p - W_\phi|}{W_p} \cdot 100;$$

$$\Delta W_{\text{грудень}} = \frac{|W_p - W_\phi|}{W_p} \cdot 100 = \frac{|1452,6 - 1438|}{1452,6} \cdot 100 = 1\%$$

$$\Delta W_{\text{липень}} = \frac{|W_p - W_\phi|}{W_p} \cdot 100 = \frac{|1038 - 1058|}{1038} \cdot 100\% = 1,9\%$$

Така похибка виникла, оскільки неможливо дізнатись точний час роботи електроспоживаючого обладнання.

Баланс електричної енергії та місць загального користування житлового будинку за грудень 2019 року зобразимо графічно на рисунках 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3



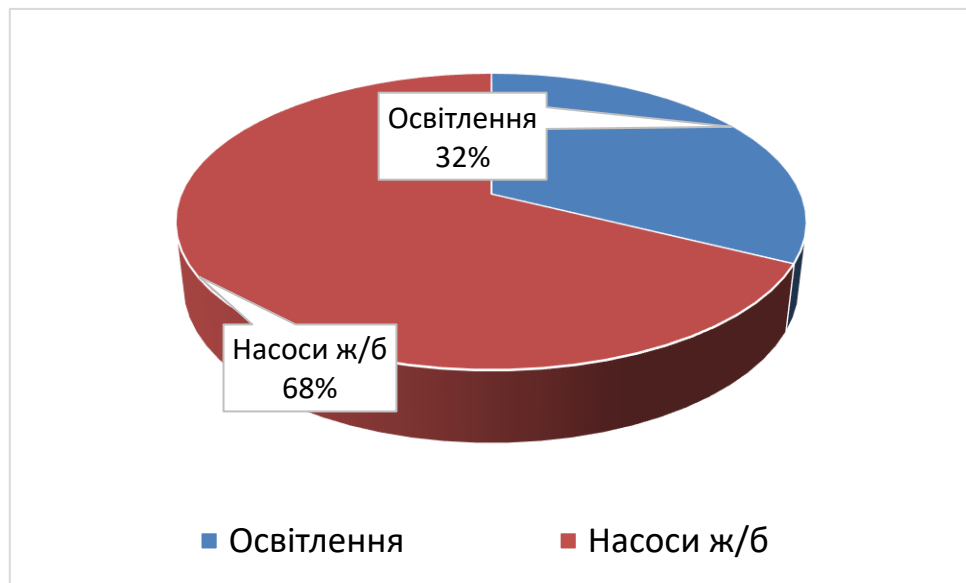


Рисунок 2.3.2 – Витратна частина балансу електроспоживання житлового будинку за грудень 2019 р.

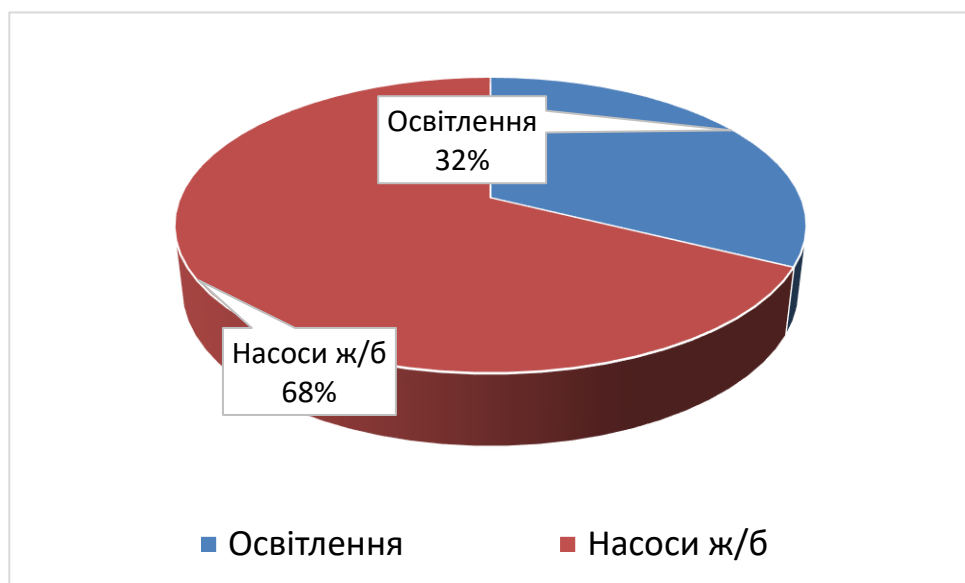


Рисунок 2.3.3 – Витратна частина балансу електроспоживання житлового будинку за липень 2019 р.

Розрахуємо сумарне розрахункове навантаження будинку, використавши метод розрахункових коефіцієнтів.

Сумарне активне навантаження по всьому об'єкту визначимо за формулою:

$$P_{p.об} = P_{p.сум} + P_{сум}^{осв} + P_{p.кв}; \quad (2.17)$$

$$P_{p.об} = 38,37 + 41,364 + 51,3 = 131 \text{ кВт.}$$

Визначимо сумарне реактивне навантаження по всьому об'єкту:

$$Q_{p.об} = Q_{p.сум} + Q_{сум}^{осв} + Q_{p.кв}; \quad (2.18)$$

$$Q_{p.об} = 29,92 + 13,65 + 22,06 = 65,63 \text{ квар.}$$

Визначимо сумарне повне навантаження по всьому об'єкту:

$$S_{p.об} = \sqrt{P_{p.об}^2 + Q_{p.об}^2}; \quad (2.19)$$

$$S_{p.об} = \sqrt{131^2 + 65,63^2} = 146,52 \text{ кВА.}$$

Втрати потужності в трансформаторі обчислимо за нижче наведеними формулами:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{p.об}; \quad (2.20)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{p.об}; \quad (2.21)$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 146,52 = 2,93 \text{ кВт;}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 146,52 = 14,65 \text{ квар.}$$

Визначаємо повні втрати в трансформаторі:

$$S_T = \sqrt{2,93^2 + 14,65^2} = 14,98 \text{ кВА.}$$

Сумарне навантаження на шинах ВН розраховуємо так:

$$P_{\text{ВН}} = P_{\text{р.об}} + \Delta P_{\text{т}}; \quad (2.22)$$

$$Q_{\text{ВН}} = Q_{\text{р.об}} + \Delta Q_{\text{т}}; \quad (2.23)$$

$$P_{\text{ВН}} = 131 + 7,33 = 138,33 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{ВН}} = 65,63 + 14,65 = 80,28 \text{ квар.}$$

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{ВН}}^2 + Q_{\text{ВН}}^2}; \quad (2.24)$$

$$S_{\text{р}} = \sqrt{138,33^2 + 80,28^2} = 159,94 \text{ кВА.}$$

Зведемо отримані значення в таблицю 2.4

Таблиця 2.4- Розрахункові навантаження по житловому будинку

Вид електричного навантаження	Розрахункові електричні навантаження		
	$P$ , кВт	$Q$ , кВАр	$S$ , кВА
Силові навантаження	89,67	51,98	103,64
Освітлювальне навантаження	41,36	13,65	43,56
Втрати в трансформаторі	7,33	14,65	16,38
Шини ВН на ТП	138,33	80,28	159,94

Потужність трансформатора вибираємо з розрахункового навантаження 159,94 кВА та з характеристики об'єкта приймаємо однотрансформаторну підстанцію з трансформатором  $S_n=250$  кВА.

## **2.7 Оцінка стану та ефективності системи обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті**

Проаналізувавши графіки споживання за 2017-2019 роки, можна побачити відповідність споживання енергії характерному споживанню житлового будинку. Узимку споживання енергії зростає, а влітку та пізньою спадає. Також через відключення централізованого постачання води спостерігається зріст у показах користування електроенергією.

За 2019 рік було витрачено 278974,7 грн на енергоресурси. Порівнявши це значення із значенням річних витрат на енергоносії можна дійти висновку, що на електроенергію було витрачено 46842,5 грн.

Щоб скоротити споживання електроенергії (в основному освітлення) необхідно обрати такі заходи, що дозволять скоротити також загальні витрати. Для цього можна замінити лампи розжарювання на світлодіодні та замінити стару проводку на нову.

## **2.8 Розроблення типових заходів з енергоефективності для споживачів електричної енергії**

### **2.8.1 Заміна системи освітлення сходових клітин житлового будинку**

Оскільки лампи розжарювання не є достатньо ефективними, то потрібно замінити їх 8 світлодіодних ламп потужністю 12 Вт у кількості 8 штук. Вигляд старих і нових ламп представимо на рисунку 2.4.1.



Рисунок 2.4.1- Лампа світлодіодна та лампа розжарювання

Знаючи, що вартість однієї лампи Jazzway PLED-SP 12 Вт А60 становить 33 грн, можемо обчислити загальні капіталовкладення:

$$K = n \cdot T = 8 \cdot 33 = 264 \text{ грн}$$

Знайдемо різницю в споживанні електроенергії даними лампами:

$$E = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{0,075 - 0,012}{0,075} \cdot 100\% = 84 \%$$

Знайдемо річну економію від заміни ламп розжарювання на світлодіодні лампи. Оскільки на освітлення припадає 32% електроенергії, при тому що лампи розжарювання споживають 50% від усіх ламп.

$$E = 0,84 \cdot 0,5 \cdot 0,32 \cdot 14650 = 1969 \text{ кВт}$$

При тарифі на електроенергію 1,68 грн/кВт·год дізнаємось річну економію витрат у грошовому еквіваленті за формулою:

$$E = \Delta W \cdot b = 1969 \cdot 1,68 = 3307,85 \text{ грн/рік.}$$

Простий термін окупності буде:

$$T = \frac{K}{E} = \frac{264}{3307,85} = 18 \text{ днів}$$

### 2.8.2 Заміна проводки

Обираємо кабель ТП за розрахунковим струмом за формулою:

$$I_p = \frac{S_{\text{ТП2}}}{\sqrt{3} \cdot U_n}; \quad (2.26)$$

$$I_p = \frac{47,92}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 72,8 \text{ A}$$

Приймаємо кабель марки АВВГ 4х25,  $I_{\text{доп.}} = 93 \text{ A}$ ,  $r_0 = 1,20 \text{ Ом/км.}$ ;  
 $x_0 = 0,0662 \text{ Ом/км}$  [2].

Робимо перевірку:

$$I_{\text{доп.}} K_1 K_2 \geq I_p \quad (2.27)$$

$$93 \cdot 1 \cdot 1 > 72,8 \text{ A}$$

$K_1, K_2$  - поправні коефіцієнти

Нехай  $K_1 = 1,0$ , при температурі  $+15^\circ\text{C}$ ,

$K_2 = 1$ , так як поряд прокладені кабелі відсутні.

Обираємо за розрахунковим струмом кабель від ТП до житлового будинку:

$$I_p = \frac{S_{\text{п ж/б}}}{\sqrt{3} \cdot U_n}; \quad (2.28)$$

$$I_p = \frac{57,76}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 87,76 \text{ A}$$

Приймаємо кабель марки АВВГ 4х25,  $I_{\text{доп}} = 93 \text{ А}$ ;  $r_0 = 1,2 \text{ Ом/км}$ ;  
 $x_0 = 0,0662 \text{ Ом/км}$ .

Робимо перевірку:

$$93 \cdot 1 \cdot 1 > 87,76 \text{ А}$$

Вибір за розрахунковим струмом кабелю від ТП до ЩО житлового будинку:

$$I_p = \frac{1,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1,67 \text{ А}$$

Приймаємо кабель марки АВВГ 4х2,5,  $I_{\text{доп}} = 26 \text{ А}$ ;  $r_0 = 12,1 \text{ Ом/км}$ ;  
 $x_0 = 0,104 \text{ Ом/км}$ .

Робимо перевірку:

$$26 \cdot 1 \cdot 1 > 1,67 \text{ А}$$

Проводимо розрахунок втрат активної потужності в кабельних лініях та зводимо в таблицю 2.6:

$$\Delta P_{\text{л}} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} \cdot R_e \cdot 10^{-3}$$

$$R_e = l \cdot r_0 \quad (2.29)$$

де  $l$  – довжина лінії,

$R_e$  - еквівалентний опір, Ом.

Таблиця 2.5 - Вибір кабелю та втрати в лінії

Назва	Тип кабелю	Втрати в кабелі,	Розрахунковий струм, $I_p$ , А	Допустимий струм, $I_{\text{доп}}$ , А	Переріз проводів,
-------	------------	------------------	--------------------------------	--	-------------------



		кВт			мм <sup>2</sup>
ТП-ж/б	АВВГ 4х25	1,29	87,76	93	11,08
ТП-ЩО (ж/б)	АВВГ 4х2,5	0,01	1,67	26	0,22

Будинок був зведений у 1963 році. Термін експлуатації електропроводки – майже 20 років. Після цього часу починає руйнуватись ізоляція. Як наслідок – може електропроводка може згоріти. При аналізі стану електропроводки даного житлового будинку був виявлений її незадовільний стан. Проблема полягає у використанні сучасних електричних пристроїв, що несуть навантаження на стару електропроводку. Тому рекомендується провести її повну модернізацію.

Інвестиції на впровадження такого заходу:

1) Обладнання	317 00 грн
2) Встановлення	26 200 грн
3) Інспектування і випробування	2 600 грн
4) Виконавча документація	18 600 грн
Загальні	364 800 грн

Даний захід рекомендується провести задля уникнення ситуації згорання електропроводки. Таким чином даний захід не має фактору економії для житлового будинку.

## **Висновки до розділу 2**

В даному розділі було досліджено стан системи електропостачання житлового будинку на даний момент. Був проведений аналіз даних використання електричної енергії по роках. І були запропоновані заходи з енергоефективності. Для об'єкту дослідження рекомендувалося замінити системи освітлення сходових клітин житлового будинку, повністю електричну проводку та встановити сонячну панель на даху.

Також для житлового будинку були запропоновані такі заходи з енергоефективності як:

- заміна ламп розжарювання на енергоефективні світлодіодні лампи;
- заміна кабелів на ТП-ж/б типу АВВГ 4х25;
- встановлення частотного перетворювача для насосного обладнання.

Загальна економія від запропонованих заходів складає 41755,1 грн/рік.

## **3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ**

### **3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергетичної ефективності в будівлях**

Інформація по приладах обліку представлена в таблиці 3.1.2.

Таблиця 3.1.2- Перелік приладів обліку

Встановлені лічильники	Місце розташування
Теплопостачання (тепло лічильник)	Підвал
ХВП	Квартири
Газові лічильники	Квартири

У житловому будинку наявні нагрівальні елементи – чавунні радіатори, які зображені на рисунку 3.1.1. Але система їх роботи є неналагодженою. Балансувальна арматура на стояках (горизонтальних вітках) системи відсутня. Також не проводилася хімічна промивка системи опалення.



Рисунок 3.1.1 – Нагрівальні елементів опалення

Розрахункова температура опалення  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період  $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , внутрішня температура  $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .  
Опалювальний період триває 176 діб.

### **3.2 Визначення теплового навантаження будівлі**

До енергоносіїв житлового будинку відносяться: теплова енергія, електрична енергія, газ, вода. У будинку наявні загальні лічильники та лічильники у квартирах, за показами яких розраховуються теплова та електрична енергії, вода і газ.

Система теплопостачання оснащена модульним індивідуальним тепловим пунктом. Теплова енергія використовується на опалення житлового будинку.

Приєднання будинку здійснюється від теплових мереж КП «Київтеплоенерго». Вузол приєднання – ТЕЦ-5, магістраль №4. Житловий будинок має індивідуальний тепловий пункт (ІТП). Схема використовується при подачі перегрітого теплоносія від джерела тепла при недостатньому для елеваторного змішання перепаді тиску між подаючим і зворотним трубопроводами.

У схемі передбачено:

- автоматичне перемикання між основним і резервним насосом;
- можливість гнучкого графіка регулювання температури повітря в приміщеннях з урахуванням нічного часу, вихідних і святкових днів на весь опалювальний сезон;
- контроль температури зворотного теплоносія;
- підтримання температурного графіка.

Температура системи опалення регулюється за допомогою зміни пропускної здатності клапана і підмішування мережної води за допомогою циркуляційного насоса, встановленого на прямому трубопроводі системи опалення. У процесі роботи контролер періодично опитує датчики температури теплоносія, датчик повітря всередині приміщення і датчик зовнішнього повітря, аналізує отриману інформацію і формує вихідні сигнали, що дають команду виконавчому механізму на відкриття або закриття. Керуючий вплив від контролера змінює величину відкриття прохідного перерізу регулюючого клапана.

Облік теплової енергії ведеться тепловим лічильником Axis SKS-3 (рис. 3.2.1). Оплата за енергоносії здійснюється за показами цього лічильника.

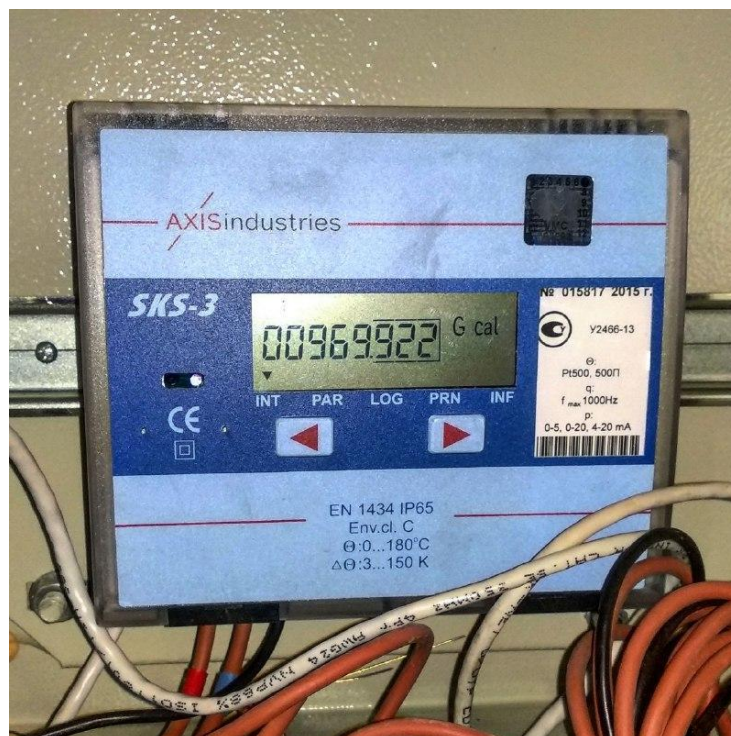


Рисунок 3.2.1 Зовнішній вигляд лічильника спожитої теплової енергії

Дані про споживання теплової енергії зведемо до таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 - Річне споживання теплової енергії за 2017-2019р.

	2017		2018		2019	
опалення	Гкал	грн	Гкал	грн	Гкал	грн
січень	76,776	40 775,67	57,61203	66472,76	41,9291	46329,97
лютий	61,233	32520,73	58,7403	67774,55	53,35216	58952
березень	53,17	28238,34	27,93249	32228,5	45,17336	49914,76
квітень	7,8708	4180,17	9,65478	11139,66	16,7667	18526,33
травень	0	0	0	0	0	0
червень	0	0	0	0	0	0
липень	0	0	0	0	0	0
серпень	0	0	0	0	0	0
вересень	0	0	0	0	0	0
жовтень	6,0899	6933,17	0	0	0	0
листопад	42,474	49006,48	18,62751	21492,42	17,08655	18760
грудень	54,755	63176,66	46,38021	53513,49	51,28687	56309,91
всього	302,37	224831,22	218,95	252621,4	225,59	248793

Помісячне споживання теплової енергії за рік зображено на рисунку 3.2.2.

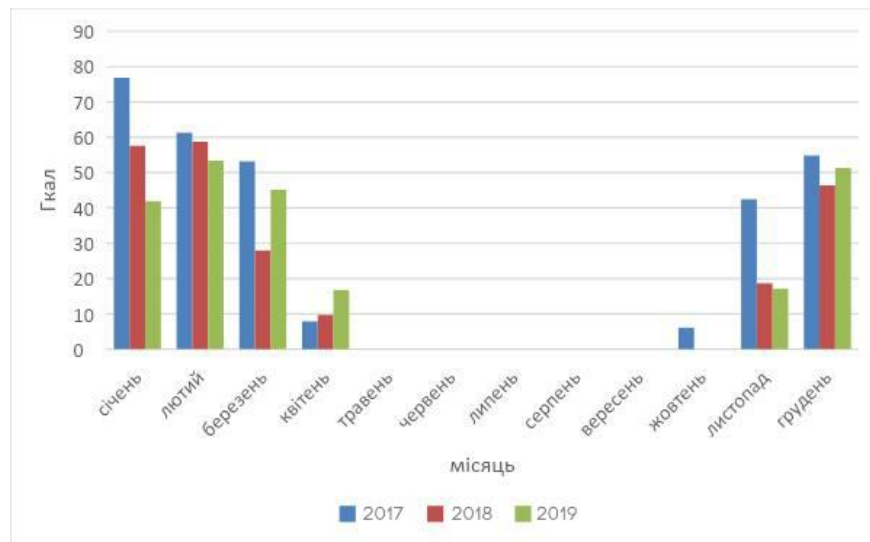


Рисунок 3.2.2 – Графік споживання теплової енергії за місяцями за 2017-2019р.

У будинку для опалення приміщень та гаряче постачання використовується тепла енергія.

За наведеними даними видно, що в основному тепла енергія використовується для опалення. Цим пояснюється використання теплової енергії лише в опалювальний період. Через пізнє підключення опалення у 2018 та у 2019 роках у жовтні місяці споживання немає.

### 3.3 Аналіз розрахункових та фактичних даних по споживанню з приведенням до нормативних погодних умов

Зовнішні стіни житлового будинку виконані з порожнистої керамічної цегли товщиною 0,51 м, оштукатурені та пофарбовані з внутрішньої сторони шаром цементно-піщаної штукатурки товщиною 0,03м. При візуальному огляді стін руйнувань (тріщин) не виявлено. Тепловізійна зйомка на рисунку 3.3.1 показала, що є значні втрати через стіни житлового будинку.



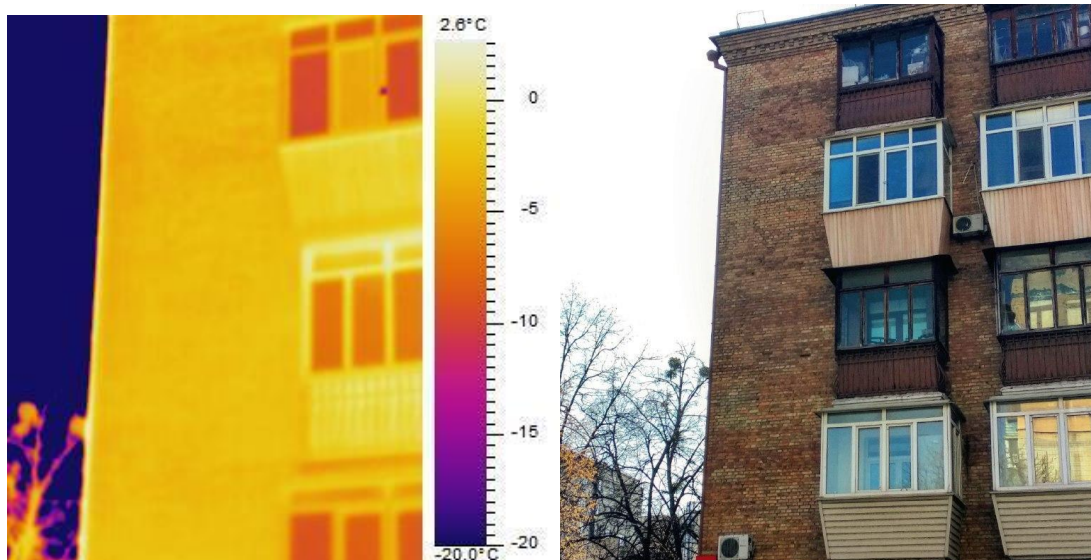


Рисунок 3.3.1 – Тепловізійний знімок фасаду будинку

У будинку усі вікна у під'їздах - металопластикові склопакети загальною площею 471.4 м<sup>2</sup>. Тепловізійна зйомка вікон на рисунку 3.3.2.

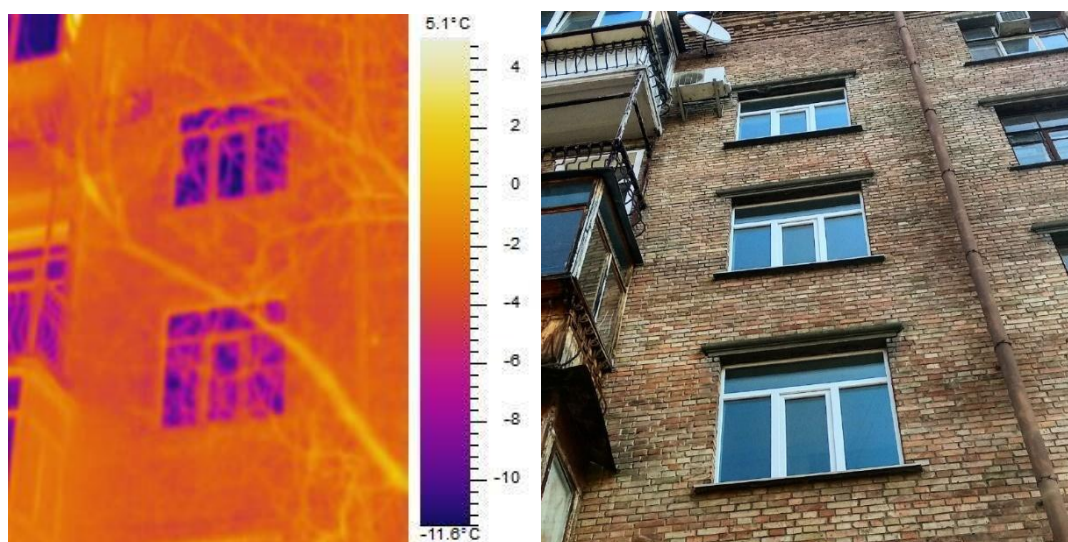


Рисунок 3.3.2 – Тепловізійний знімок вікон

На рисунку 3.3.3 видно, що радіатори системи опалення прогріваються нерівномірно. Можна дійти висновку, що вони засмічені. У такому випадку необхідно розглянути методи очищення елементів системи теплопостачання.



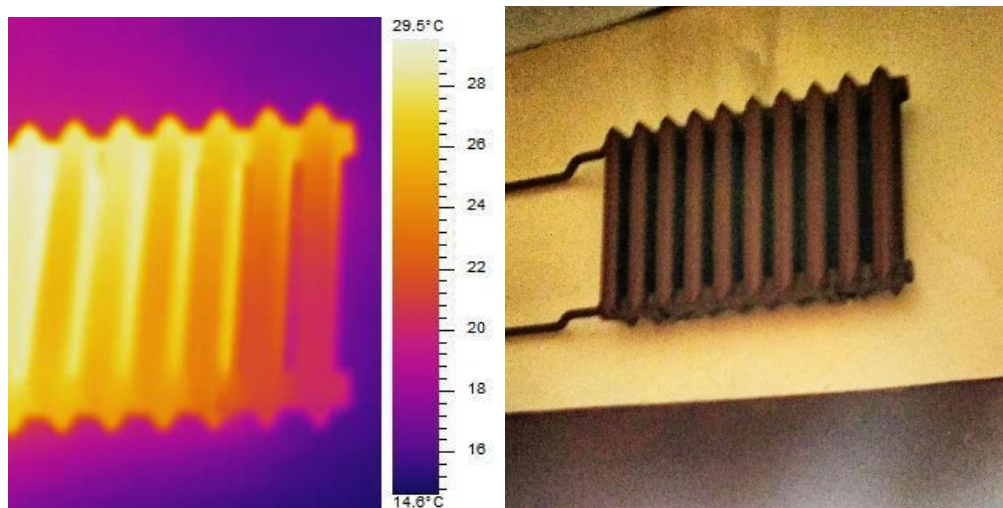


Рисунок 3.3.3 – Тепловізійний знімок радіаторів системи опалення

Дах вальмовий, кроквяний, чотирьохскатний з шиферу, знаходиться безпосередньо над всією будівлею. Перекриття даху дерев'яне.

Тепловізійна зйомка на рисунку 3.3.4 показала доволі великі тепловтрати.

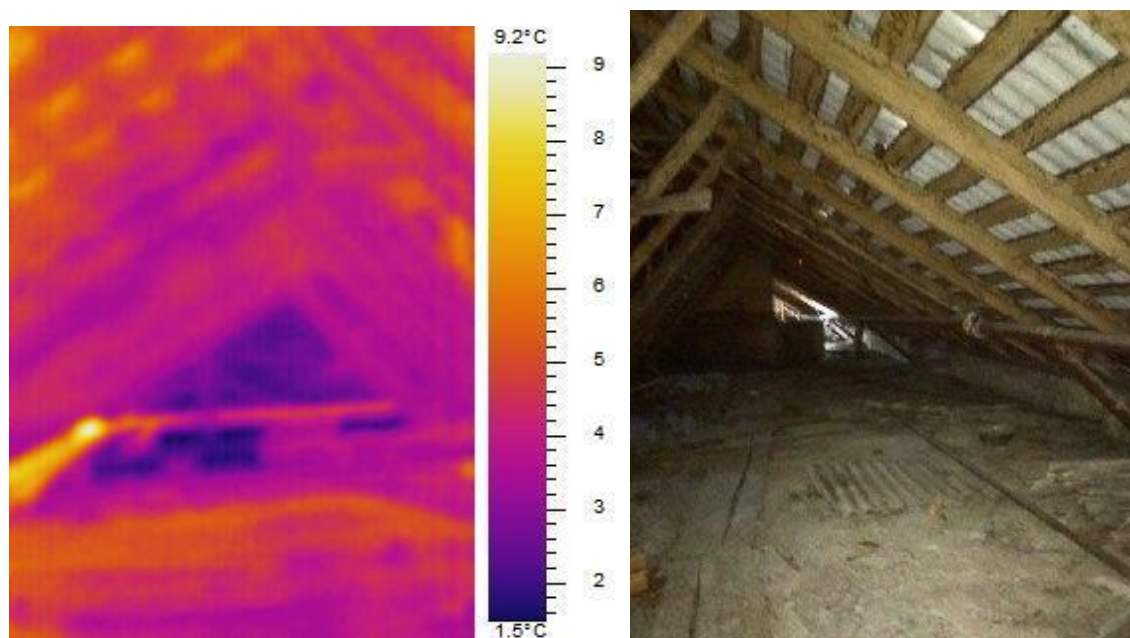


Рисунок 3.3.4 – Тепловізійний знімок даху

Підлога- цементно-піщана стяжка , плитка. Зображення підлоги показано на рисунку 3.3.5.



Рисунок 3.3.5 – Зображення підлоги в будівлі

Тепловтрати через зовнішні огорожуючі конструкції (стіни, вікна, підлога, перекриття) і витрат теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується в приміщення через нещільність в конструкціях складають тепловтрати приміщення житлового чи цивільного будинку.

Щоб розрахувати тепловтрати приміщення потрібно визначити всі сумарні тепловтрати через огорожувальні конструкції для всіх опалювальних приміщень.

#### **3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огорожувальних конструкцій**

Розрахунок термічного опору проводимо за фактичними геометричними розмірами, які були визначені за допомогою вимірювання. Теплофізичні коефіцієнти взяті з довідкової літератури.

Розрахуємо непрозорі огорожувальні конструкції.

Загальна площа зовнішніх стін складає  $F = 1691,2 \text{ м}^2$ .

Склад стін будівлі:

- цегла;
- цементна штукатурка;

Сумарний термічний опір глухих стін розраховується за формулою:

	$R_{ст} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_1} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2},$	(3.1)
--	--	-------

де  $\delta_{ст}$ -товщина шару цегли,  $\delta_{ст}=0,51 \text{ м}$ ;

$\lambda_1$ - теплопровідність цегли на цементно-піщаному розчині;

$\lambda_1=0,64 \text{ Вт/(м·К)}$ ;

$\delta_{ш}$ - товщина шару штукатурки,  $\delta_{ш}=0,02 \text{ м}$ ;

$\lambda_2$ - теплопровідність штукатурки,  $\lambda_2=0,93 \text{ Вт/(м·К)}$ ;

$\alpha_1$ - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі;

$\alpha_1=8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

$\alpha_2$ - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі;

$\alpha_2= 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

$$R_{ст} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,64} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{1}{23} = 0,98 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

Коефіцієнт теплопередачі стін розраховуємо за формулою:

	$K_{ст} = \frac{1}{R_{ст}};$	(3.2)
--	------------------------------	-------

$$K_{ст} = \frac{1}{0,98} = 1,02 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

Для першої температурної зони значення мінімального термічного опору для стін :

$$R_{qmin} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

	$R_{qmin} > R_{ст}$	(3.3)
--	---------------------	-------

Значення термічного опору стін не відповідає мінімально допустимому рівню.

Проведемо розрахунок світлопрозорих огорожувальних конструкцій.

Загальна кількість вікон 104 шт., загальна площа вікон складає  $F = 471,4 \text{ м}^2$ . В житловому будинку 14%-вікна з дерев'яними рамами і 86%- з металопластиковими рамами. Вікна в житловому будинку мають одинарне скління. Відстань між рамами  $\delta_B = 0,04 \text{ м}$ . Тоді термічний опір вікон з дерев'яними рамами:

	$R_{в1} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{2 \cdot \delta_c}{\lambda_1} + \frac{\delta_B}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2},$	(3.4)
--	---	-------

де  $\delta_c$ -товщина одного скла  $\delta_c = 0,004 \text{ м}$ ;

$\lambda_1$ - теплопровідність скла,  $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт/(м·К)}$ ;

$\delta_B$ - товщина шару штукатурки,  $\delta_B = 0,04 \text{ м}$ ;

$\lambda_2$ - ефективна теплопровідність зазору,  $\lambda_2 = 1,5 \text{ Вт/(м·К)}$ ;

$\alpha_1$  - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі;

$$\alpha_1 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$\alpha_2$  - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі;

$$\alpha_2 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$R_{B1} = 0,35 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Термічний опір металопластикових вікон Rehau Euro-Design за табличними даними:

$$R_{B2} = 0,62 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Отже, коефіцієнти теплопередачі вікон з дерев'яними рамами і металопластиковими відповідно становлять:

$$K_{B1} = \frac{1}{0,35} = 2,85 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$K_{B2} = \frac{1}{0,62} = 1,61 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

Для першої температурної зони значення мінімального термічного опору для вікон:

$$R_{qmin} = 0,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

	$R_{qmin} > R_{B1}, R_{B2}$	(3.5)
--	-----------------------------	-------

Значення термічного опору дерев'яних та металопластикових вікон не відповідає мінімально допустимому рівню.

Розрахуємо тепловтрати через дверні конструкції

Загальна площа зовнішніх дверей складає  $F = 34,1 \text{ м}^2$  (всього 9 дверей різної площі). Матеріал дверей – сталь. Термічний опір:

	$R_{дв} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_d}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2},$	(3.6)
--	--	-------

де  $\delta_d$ -товщина двері  $\delta_d = 0,015 \text{ м}$ ;

$\lambda_1$ - теплопровідність сталі,  $\lambda_1 = 58 \text{ Вт/(м·К)}$ ;

$\alpha_1$ - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі;

$\alpha_1 = 8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

$\alpha_2$ - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі;

$\alpha_2 = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

$$R_{дв} = \frac{1}{8} + \frac{0,015}{58} + \frac{1}{23} = 0,17 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Отже, коефіцієнт теплопередачі дверей становить:

$$K_d = \frac{1}{0,17} = 5,88 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Для першої температурної зони значення мінімального термічного опору для дверей:

$$R_{qmin} = 0,65 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

	$R_{qmin} > R_d$	(3.7)
--	------------------	-------

Значення термічного опору сталевих дверей не відповідає мінімально допустимому рівню.

Розрахуємо тепловтрати через дах.

Дах складається з наступних шарів:

- Листи азбестоцементні;
- Дерев'яне покриття.
- Залізобетонні блоки

Тоді термічний опір даху:

$R_{\text{дах}} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ла}}}{\lambda_1} + \frac{\delta_{\text{д}}}{\lambda_2} + \frac{\delta_{\text{з/б}}}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2},$	(3.8)
--	-------

де  $\delta_{\text{ла}}$ -товщина покрівлі з листів азбестових  $\delta_{\text{ла}}=0,005$  м;

$\lambda_1$ - теплопровідність покрівлі з листів азбестових,  $\lambda_1=0,41$  Вт/(м·К);

$\delta_{\text{д}}$ - товщина дерев'яного покриття,  $\delta_{\text{д}}=0,15$  м;

$\lambda_2$ - теплопровідність дерева,  $\lambda_2=0,35$  Вт/(м·К);

$\delta_{\text{з/б}}$ -товщина покрівлі з листів азбестових  $\delta_{\text{з/б}}=0,15$  м;

$\lambda_3$ - теплопровідність покрівлі з листів азбестових,  $\lambda_3=1,7$  Вт/(м·К);

$\alpha_1$ - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі;

$\alpha_1=8,7$  Вт/(м<sup>2</sup> ·К);

$\alpha_2$ - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі;

$\alpha_2= 12$  Вт/(м<sup>2</sup> ·К);

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,41} + \frac{0,15}{0,35} + \frac{0,15}{1,7} + \frac{1}{12} = 0,73 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Отже, коефіцієнт теплопередачі дверей становить:

$$K_{\text{дах}} = \frac{1}{0,73} = 1,37 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Для першої температурної зони значення мінімального термічного опору для даху:

$$R_{qmin} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

	$R_{qmin} > R_d$	(3.9)
--	------------------	-------

Значення термічного опору даху не відповідає мінімально допустимому рівню.

Розрахуємо втрати через підлогу

Підлога складається з наступних шарів:

- залізобетонне перекриття;
- цементно-піщана стяжка ;

Тоді термічний опір підлоги:

	$R_{\text{п}} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{з/б}}{\lambda_1} + \frac{\delta_{\text{цпс}}}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}$	(3.10)
--	---	--------

де  $\delta_{з/б}$ -товщина залізобетонних перекриттів,  $\delta_{з/б}=0,1$  м;

$\lambda_1$ - теплопровідність залізобетонних перекриттів,  $\lambda_1=2,04$  Вт/(м·К);

$\delta_{\text{цпс}}$ - товщина цементно-піщаної стяжки,  $\delta_{\text{цпс}}=0,015$  м;

$\lambda_2$ - теплопровідність цементно-піщаної стяжки,  $\lambda_2=0,93$  Вт/(м·К);

$\alpha_1$ - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі;

$\alpha_1=8,7$  Вт/(м<sup>2</sup> ·К);



$\alpha_2$ - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі;

$$\alpha_2 = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$R_{\pi} = \frac{1}{8} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{1}{23} = 0,67 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Отже, коефіцієнт теплопередачі підлоги становить:

$$K_{\pi} = \frac{1}{0,67} = 1,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Для першої температурної зони значення мінімального термічного опору для підлоги:

$$R_{qmin} = 3,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

	$R_{qmin} > R_{\pi}$	(3.11)
--	----------------------	--------

Значення термічного опору даху не відповідає мінімально допустимому рівню.

Представимо порівняння величин термічних опорів огорожувальних конструкцій з мінімально допустимими значеннями в таблиці 3.2.2.

Таблиця 3.4.1 – Порівняння термічних опорів.

Огороджуючі конструкції		Розрахункові значення $R, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	Мінімально допустимі значення $R_{qmin}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	Різниця між розрахунковим та мінімально допустимим значенням
Стіни		0,98	3,3	3,38
Вікна	Дерев'яні	0,35	0,75	2,14
	Металопластикові	0,62		1,2
Двері		0,17	0,65	3,8
Дах		0,73	4,95	6,78
Підлога		0,67	3,75	16

Знайдемо втрати теплоти для кожного виду огороджуючих конструкцій. Втрати теплоти через зовнішні стіни за формулою:

	$Q_{\text{ст}} = \sum K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{ст}}$	(3.12)
--	---	--------

Значення  $\beta$  для північно-східної та північно-західної стіни становитиме 10%, для південно-східної та південно-західної – по 5%.

Площі стін мають наступні значення:

- площа північно-західних стін складає 211,4 м<sup>2</sup>;

- площа південно-східних стін – 211,4 м<sup>2</sup> ;
- площа північно-східних стін – 634,2 м<sup>2</sup> ;
- площа південно-західних стін – 634,2 м<sup>2</sup> .

Підставимо значення у формулу:

$$Q_{\text{ст}} = 1,02 \cdot (211,4 \cdot 1,1 + 211,4 \cdot 1,05 + 634,2 \cdot 1,1 + 634,2 \cdot 1,05) \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 74,18 \text{ кВт} = 0,06 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Визначимо втрати теплоти через вікна:

	$Q_{\text{в}} = \sum K_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{в}}$	(3.13)
--	---	--------

Площі вікон мають наступні значення:

- площа північно-західних вікон з металопластиковими рамами - 59,26 м<sup>2</sup>;
- площа південно-східних вікон з металопластиковими рамами – 59,26 м<sup>2</sup> ;
- площа північно-східних вікон з металопластиковими рамами – 105,2 м<sup>2</sup> ;
- площа південно-західних вікон з металопластиковими рамами – 105,2м<sup>2</sup> ;
- площа північно-східних вікон з дерев'яними рамами – 71,2 м<sup>2</sup>
- площа південно-західних вікон з дерев'яними рамами – 71,2 м<sup>2</sup>

$$Q_{\text{в1}} = 2,85 \cdot (71,2 \cdot 1,1 + 71,2 \cdot 1,05) \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 17,45 \text{ кВт} = 0,015 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

$$Q_{B2} = 1,61 \cdot (105,2 \cdot 1,1 + 105,2 \cdot 1,05 + 59,26 \cdot 1,1 + 59,26 \cdot 1,05) \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 22,77 \text{ кВт} = 0,0196 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

$$Q_{B\Sigma} = Q_{B1} + Q_{B2} = 17,45 + 22,77 = 40,22 \text{ кВт} = 0,035 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Визначимо втрати теплоти через зовнішні двері:

	$Q_d = \sum K_d \cdot F_d \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_d$	(3.14)
--	---	--------

Загальна площа південно-західних дверей складає 34,1 м<sup>2</sup>

$$Q_d = 5,88 \cdot 34,1 \cdot 1,05 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 8,42 \text{ кВт} = 0,007 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через дах житлового будинку визначаємо за формулою:

	$Q_{дах} = \sum K_{дах} \cdot F_{дах} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{дах}$	(3.15)
--	---	--------

Загальна площа даху становить 2000 м<sup>2</sup>.

$$Q_{дах} = 1,37 \cdot 2000 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 109,6 \text{ кВт} = 0,094 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через підлогу визначаємо за формулою:

	$Q_{п} = \sum K_{п} \cdot F_{п} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot n_{п}$	(3.16)
--	--	--------

Загальна площа підлоги становить 2000 м<sup>2</sup>.

$$Q_{\pi} = 4,34 \cdot 2000 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 347,2 \text{ кВт} = 0,299 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Отже загальні втрати теплоти:

$$Q_{\text{огор}} = 0,06 + 0,035 + 0,007 + 0,094 + 0,299 = 0,495 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Отримані результати представимо у вигляді кругової діаграми на рисунку 3.5.1.

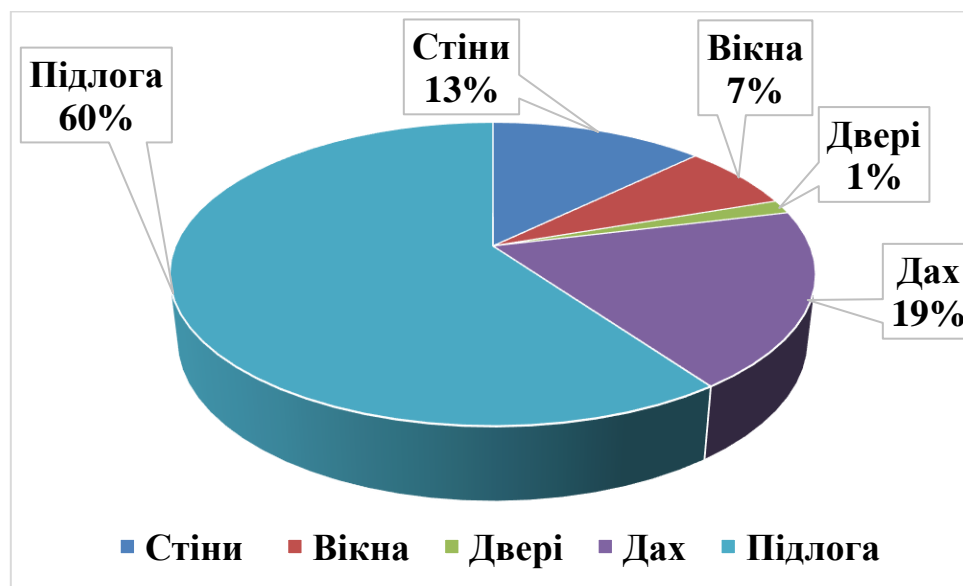


Рисунок 3.4.1 – Тепловтрати через зовнішні огороження

### 3.5 Розроблення типових заходів з енергоефективності для інженерних мереж будівлі

#### Промивка системи опалення

В елементах системи опалення з часом осідає значна кількість накипу (рис.3.5.1), що призводить до збільшення їх термічного опору, а отже і до зменшення теплового потоку.



Рисунок 3.5.1– Чиста труба і забруднена накипом

На даний момент одна з головних проблем – це утворення накипу на теплообмінних поверхнях. Погіршення процесу теплопередачі може бути спричинене незначним шаром накипу, а отже буде збільшуватись питома витрата енергоносіїв, кількості тепла, , електроенергії.

Накип має низьку теплопровідність, що призводить до охолодження зовнішньої поверхні труби, оскільки метал охолоджується. Отже, завдяки накипу підвищується температура металу труб та перевитрачаються енергоносії.

Товщина відкладень 1-2 мм вважається значною. Допустимою величиною інтенсивності відкладень для теплофікаційних систем є  $0,11 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$ .

Паливо перевитрачається на 5-8% усього при утворенні на внутрішній поверхні котла шару накипу товщиною 1 мм. Шар накипу товщиною 3 мм поглинає 25% теплової енергії. При значнішому відкладенні накипу втрати потужності можуть становити 70%.

За 58 років існування житлового будинку промивка системи опалення не відбувалася. Отже в елементах системи опалення відклався накип приблизною товщиною в 2мм, що призвело до зменшення коефіцієнта тепловіддачі на 12%.

При якісній очистці ми можемо видалити майже весь накип, а отже отримати економію в витраті теплоносія в 12%.

В перерахунку на гігокалорії:

$$\Delta Q = 0,12 \cdot Q_{\text{річ}} = 0,12 \cdot 225 = 27 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Отже, річна економія грошових ресурсів складе:

$$E = \Delta Q \cdot T = 27 \cdot 1654,41 = 44669,07 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

де Т – існуючий тариф на теплову енергію.

Обчислимо загальні капіталовкладення:

Вартість очистки 1 радіатора: 400грн;

Кількість радіаторів: 139шт;

Загальні капіталовкладення:  $K = 400 \cdot 139 = 55600$ грн (вартість очистки трубопроводів входить у вартість очищення одного радіатора);

Знайдемо простий термін окупності:

$$T = \frac{K}{E} = \frac{55600}{44669,07} = 1 \text{ рік і } 2 \text{ місяці}$$

Утеплення підлоги горища.

Термічний опір даху  $R_d = 0,73 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$  є надто низьким в порівнянні з мінімально допустимим значенням термічного опору  $R_{qmin} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ .

Пропонується утеплення підлоги горища мінватою ISOVER Profi. Товщина утеплювача становить 0,15 м. Площа утеплення складає 2000 м<sup>2</sup>.

Сума капіталовкладенню - 1772000 грн. Це витрати на матеріали – 1100000 грн, розробку - 10000 грн, документацію 22000 грн та встановлення - 640000 грн.

Проведемо розрахунок опору та коефіцієнту теплопередачі з утепленням за формулами (3.1) та (3.2) відповідно:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,41} + \frac{0,15}{0,35} + \frac{0,15}{1,7} + \frac{0,15}{0,036} + \frac{1}{12} = 4,94 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} ;$$

$$K_{\text{дах}} = \frac{1}{4,94} = 0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Розрахуємо втрати теплоти через утеплену підлогу горища за наступною формулою:

$$Q_{\text{п}} = 0,2 \cdot 2000 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 16 \text{ кВт} = 0,0138 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Економія у натуральних одиницях:

$$\Delta Q = 109,6 - 16 = 93,6 \text{ кВт}$$

Знайдемо річну економію теплової енергії в Гкал:

$$\Delta Q_{\text{річ}} = 93,6 \cdot 24 \cdot 176 = 395366,4 \frac{\text{кВт}}{\text{рік}} = 340 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Економія коштів після впровадження даного заходу складе:

$$E = 340 \cdot 1654,41 = 562499,4 \text{ грн/рік}$$

Підставляємо значення у формулу для розрахунку терміну окупності:

$$T_n = \frac{1772000}{562499,4} = 3 \text{ роки } 1 \text{ місяць}$$

Утеплення стін

Утеплення стін дозволить зменшити втрати тепла.

Пропонується утеплення теплоізоляційними панелями AEROC Energy

так, як вони мають такі переваги:

- екологічність;
- вогнестійкість;
- паропроникність
- довговічність.

На рисунку 3.5.2 зображені теплоізоляційні панелі AEROC Energy





### Рисунок 3.5.2 – Теплоізоляційні панелі AEROC Energy

Товщина утеплювача (теплоізоляційні панелі AEROC Energy), що буде кріпитись становить 0,2 м, термічний опір  $R_{ст} = 4,41 \frac{м^2 \cdot K}{Вт}$

Вартість 1 м<sup>2</sup> теплоізоляційної панелі AEROC Energy разом з монтажем: 855 грн. Площа утеплення - 1691,2 м<sup>2</sup> . Загальні капіталовкладення складуть 1 446 686 грн.

Коефіцієнт теплопередачі

$$K_{ст} = \frac{1}{4,41} = 0,22 \frac{Вт}{м^2 \cdot K}$$

Втрати теплоти через утеплену стіну теплоізоляційними плитами Aeroc Energy знайдемо за формулою:

$$Q_{ст} = 0,22 \cdot (211,4 \cdot 1,1 + 211,4 \cdot 1,05 + 634,2 \cdot 1,05 + 634,2 \cdot 1,1) \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 15,9 \text{ кВт}$$

Економія у натуральних одиницях:

$$\Delta Q = 74,18 - 15,9 = 58,3 \text{ кВт}$$

Знайдемо річну економію теплової енергії в Гкал:

$$\Delta Q_{річ} = 58,3 \cdot 24 \cdot 176 = 246259,2 \frac{кВт}{рік} = 211,74 \frac{Гкал}{рік}$$

Економія коштів після впровадження даного заходу складе:

$$E = 211,74 \cdot 1654,41 = 358676,1 \text{ грн/рік}$$

Підставляємо значення у формулу для розрахунку терміну окупності:

$$T_n = \frac{1446686}{358676,1} = 4 \text{ роки}$$

### 3.6 Рівень енергоспоживання після реалізації таких заходів

Із запровадженням запропонованих методів буде досягнута значна економія як коштів, так і енергоресурсів. Як бонус, нормалізована температура та покращене освітлення будуть сприяти комфорту мешканців житлового будинку.

### Висновки до розділу 3

В даному розділі було представлено опрацьовані дані по споживанню теплової енергії. На основі розрахунків були розроблені заходи з енергоефективності. Уданій житловій будівлі просліджуються великі втрати через огорожувальні конструкції. З них найсуттєвіші через стіни, дах та підлогу. Було рекомендовано утеплення підлоги, підлоги горища та стін. А також проведення очистки системи опалення.

Результати рекомендацій представимо у вигляді таблиці 3.5

Таблиця 3.5 – Енергозберігаючі заходи

Назва заходу	Економія за рік, $\frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$	Економія за рік, $\frac{\text{грн}}{\text{рік}}$	Термін окупності
Промивка системи опалення	27	44669	1 рік і 2 місяці
Утеплення підлоги горища	340	562499	3 роки 1 місяць
Утеплення	1194	1975365	9 місяців

підвалу			
Утеплення стін	211,74	358676	4 роки

## **4 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ**

Одним із варіантів застосування відновлювальних джерел енергії на об'єкті можуть бути сонячні електростанції. Останні дають змогу користувачам виробляти електричну енергію для своїх потреб. При цьому сонячні фотоелектричні модулі можуть як доповнювати вже існуючі джерела енергії, так бути повноцінною заміною ним. Суттєвими перевагами встановлення сонячних станцій є:

- самостійне забезпечення енергетичних потреб користувачів;
- підвищена якість постачання електроенергії;
- менші витрати на електроенергію;
- використання «чистої» енергії;
- безшумність;

Сонячні станції можна встановлювати для часткової компенсації власних потреб, для власних потреб з можливістю продажу надлишкової енергії у мережу та для автономного забезпечення об'єкту. Для задоволення кожного виду потреб установлюються відповідно гібридні сонячні електростанції, мережеві сонячні електростанції та автономні електростанції.

Виготовляють так сонячні електростанції із кристалічного кремнію. У залежності від якості кремнію відрізняють монокристалічні та полікристалічні сонячні електростанції. Перші є дорожчими, мають вищий ККД (до 22%) та довший термін експлуатації. ККД полікристалічних складає від 15 до 18%, при цьому термін окупності значно коротший.

Для житлового будинку проведемо аналіз мережевої полікристалічної сонячної електростанції. Такий тип електростанції дозволяє використовувати енергію для власних потреб та продавати надлишок у мережу, що може скоротити термін окупності. Враховуючи те, що приблизні витрати на електроенергію п'ятиповерхового будинку за місяць становлять 1500 кВт, то вибираємо сонячну панель потужністю 300-330 Вт серед компаній зі списку Tier 1 – щорчного списку кращих виробників сонячних панелей. Порівняємо сонячні панелі 340Вт 340P 9BB Half Cell Trina Solar та 330 Вт JAP72S01-330/SC, JASolar. Порівняльні характеристик наведемо у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристик сонячних панелей від Trina Solar та JA Solar

	Напруга, В	Кількість елементів, шт	Вихідна потужність, Вт	Розміри модуля, мм	Вартість модуля, грн
TSM-PE15H, Trina Solar	24	144	330	2024x1004	2688
JAP72S01-330/SC, JASolar	46,4	72	330	1960x991	3989

Коефіцієнт втрати потужності  $K_{pmax}$  розрахуємо за формулою:

$$K_{pmax} = \Delta t \cdot \gamma_{pmax},$$

де  $\Delta t = t_{cp} - t_{stc}$  – різниця температур;

$t_{cp}$  - температура зовнішнього повітря, °C .

$t_{stc}$  - температура сонячних модулів при їх тестуванні 25°C.

$\gamma_{pmax}$  (%/°C) - температурний коефіцієнт втрати потужності сонячного модуля при зміні його температури на один градус. Значення візьмемо з характеристик для кожної панелі.

Вихідна потужність модуля:

$$P_{\text{max } +30^{\circ}\text{C}} = P_{\text{max}} \cdot (K_{\text{pmax}}/100+1),$$

де  $P_{\text{max}}$  (Вт) - вихідна потужність.

Для сонячного модуля TSM-PE15H, Trina Solar:

Розрахуємо втрати потужності при нагріванні його до  $30^{\circ}\text{C}$ :

$$\Delta t = 30^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}.$$

Коефіцієнт втрати потужності  $K_{\text{pmax}}$  даного модуля:

$$K_{\text{pmax}} = 5^{\circ}\text{C} \cdot (-0,38 \text{ \%/}^{\circ}\text{C}) = -1,9\%,$$

Потужність нашої сонячної батареї становить 330 Вт:

$$P_{\text{max } 30^{\circ}\text{C}} = 330 \cdot (-1,9/100+1) = 336,3 \text{ Вт}.$$

Отже вихідна потужність даного сонячного модуля при  $t=+30^{\circ}\text{C}$  буде становити 336,3 Вт.

За тією ж формулою розрахуємо вихідну потужність JAP72S01-330/SC, JASolar. Вона становитиме 336,3 Вт.

За умови здатності 10 полікристалічних панелей виробляти у середньому 9,6 кВт/добу = 288 кВт/місяць для задоволення потреб житлової будівлі, яка споживає за місяць 1500 кВт потрібно:  $1500/288 = 53$  панелі.

Якщо обрати сонячну панель від JA Solar, вартість якої складає 3989 грн/панель, то сума капіталовкладень лише на покупку панелей становить 211417 грн. Таким чином простий термін окупності складе 7 років.

## **Висновки до розділу**

У даному розділі були описані та порівняні полікристалічні сонячні панелі від двох відомих та надійних виробників Trina Solar та JA Solar потужністю 330 Вт. Також, спираючись на технічні характеристики та температурні коефіцієнти були прораховані фактичні вихідні потужності даних сонячних панелей. Також були прораховані приблизні капіталовкладення та простий термін окупності, які склали 211417 грн та 7 років відповідно.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ**

### **5.1 Загальна характеристика об'єкта, технічні характеристики серійного енергетичного устаткування та систем енергопостачання**

Метою данного розділу є пожежна безпека та охорона праці під час встановлення сонячних панелей на даху житлового будинку.

Загальна характеристика представлена у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1– Загальна характеристика об'єкту

Найменування ЕУ	Вид розміщення	Розміщення робочого місця	Категорія електроприміщення	Категорія з пожежної безпеки
Сонячна електростанція	Зовнішнє ЕУ	Дах будинку	Приміщення з підвищеною небезпекою	Категорія Д

У таблиці 5.2. приводяться технічні показники обладнання

Таблиця 5.2 – Технічні показники обладнання

Основні характеристики	Числове значення показника
Модель	Solar AC420
Тип установки	Полікристалічна
Довжина	2000 мм
Ширина	700 мм
Висота	50 мм
Вага	20 кг
Загальна потужність	30 Вт
Електроспоживання	220-240 В
ККД, не менше	22%

## 5.2 Визначення обсягів і послідовності робіт у ході експлуатації або під час модернізації енергетичного об'єкту

Реалізацією встановлення сонячної електростанції на даху житлового будинку буде займатися компанія Solar Tech. Бригада працюватиме в одну зміну, окрім днів з опадами.

Термін встановлення сонячної електростанції потужністю 30 кВт становить від 9 до 18 днів.



Рисунок - 5.1 Сонячна панель від компанії Solar Tech



Дах житлового будинку укритий шифером. Для монтажу буде використовуватись гвинт-шуруп, який угвинчується в місцях розташування лагів на горбі хвилі [1].

Далі, кріпиться кронштейн на гвинт-шуруп, який використовується для металочерепиці. У гвинт-шурупі є спеціальна гумова прокладка, яка закриває отвір і тим самим перешкоджає попаданню вологи всередину покрівлі. Матеріал гвинт-шурупа - нержавіючої сталі.

Опорна рейка S кріпиться на болт М8х25 з внутрішнім шестигранником. Для цього захват встановлюється в паз S рейки і затискається болтом з гровером. Як правило S-рейка поставляється певної довжини. В компанії Solar-Tech максимальна довжина S-рейки - 3.15 м. При встановленні сонячної панелі можна вкоротити до необхідної довжини, або наростити. З'єднувач з двома болтами необхідний для стикування двох опорних S-профілів.

Послідовність роботи приводиться у таблиці 5.3

Таблиця 5.3 – Послідовність виконання робіт

Вид робіт	Спосіб доставки і розгрузки	Період виконання робіт і тривалість	Кількісний склад бригади	Група з електробезпеки
Доставка обладнання	Транспорт, механічна	Одноразово, 1-2 дні	2	Не менш як IV
Монтаж лагів для панелей	В ручну	Одноразово, 1-2 дні	4	Не менш як IV
Закріплення лагів гвинт шурупами	В ручну	Одноразово, 1-2 дні	4	Не менш як IV
Закріплення кронштейну	В ручну	Одноразово, 1-2 дні	4	Не менш як IV

Закріплення рейки	В ручну	Одноразово, 1-2 дні	4	Не менш як IV
Встановлення панелей	Транспорт, механічна розгрузка	Одноразово, 1-2 дні	4	Не менш як IV
Підключення панелей	В ручну	Одноразово, 1-2 дні	1	Не менш як IV
Ввід в експлуатацію	В ручну	Одноразово, 1-2 дні	1	Не менш як IV

### 5.3 Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях

Показники умов праці під час виконання робіт із пункту 5.2 для бригади приведені у таблиці 5.4 [2].

Таблиця 5.4 – Чинники умов праці та їх показники

Найменування чинника	Основні характеристики	Числове значення показника
Параметри мікроклімату	Температура повітря Вологість Швидкість вітру	19°C 70 % 5 м/с°
Важкість праці	Переміщення вантажів Робоче положення  Статичні та динамічні навантаження Категорія робіт	До 10 кг «стоячи» 20-30 Вт, II категорія
Напруженість праці	Тривалість активних дій Змінність Напруженість органів чуття: зір Доставка вантажів на дах будинку Категорія	08 % робочого часу 2 зміни 40 % робочого часу Доставка відбувається двома вантажниками по сходах II категорія
Шум	Рівень шуму Індекс ізоляції повітряного шуму	113 дБ 110 дБ

## 5.4 Визначення та оцінка шкідливих і небезпечних виробничих чинників

Небезпечні і шкідливі виробничі чинники (НШВЧ), що можуть виникнути у ході виконання робіт, наводяться у табл. 5.5 [3].

Таблиця 5.5 – Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Небезпечні і шкідливі чинники	Фактичне значення	Допустиме значення
Неелектричного походження		
Шум	113 Дба	85 Дба
Вологість	(50....90)%	(30....60)%
Швидкість вітру	(4..... 6) м/с	(0,5....0,8) м/с
Оцінка умов праці	І категорія	

## 5.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці

Технічні та організаційні заходи та їх показники представлені у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Технічні та організаційні заходи

Вид заходу	Наіменування заходу	Опис, показники і характеристики
Технічні заходи з електробезпеки		
1	2	3
Захисне заземлення	Забезпечення електробезпеки	Комплект заземлення «Громовик». В

		комплекті: стержень заземлення 42/16 ОС - 3 шт, муфта заземлення 42/16 – 3 шт, затискач горячо- цинковий, антикорозійна струмовідводна паста
Огороджувальний засіб на даху житлового будинку	Запобігання падіння з даху висотою 2 метрів	Алюмінієва огорожа довжиною 240 метрів і висотою 1 метр. Механічне блокування падіння з висоти 20 метрів
Організаційні заходи з електробезпеки		
Категорія робіт щодо заходів безпеки	Роботи без напруги	Наряд-допуск на 2 робочі дні. Доставка обладнання на дах будинку.

## 5.6 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Обрані потрібні засоби індивідуального захисту у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Перелік засобів індивідуального захисту

<b>Вид ЗІЗ</b>	<b>Призначення</b>	<b>Марка або маркування. Модель. Матеріал.</b>	<b>Гарантований термін використання</b>	<b>Технічні характеристик и</b>
1	2	3	4	5
Захист взуття	Захист від механічних ушкоджень	МЗ «Вольт» черевики з гумовою підшвою	1 рік	Під час Переміщення панелей і допоміжного
Захист рук	Захист від механічних та електричних ушкоджень	МЗ «Вольт» рукавички поліестер	5 робочих змін	Монтаж обладнання
Захист голови	Захист від електричного струму та падіння з висоти 20 метрів	Каска полікарбонат МЗ «Будівельник»	2 роки	Монтаж обладнання
Захист при роботі на висоті	Захист від падіння з висоти 20 метрів (дах будинку)	ПН «Альпініст»	Одноразове використання	Монтаж обладнання

Оскільки роботи проводяться під напругою, необхідно передбачити індивідуальні електрозахисні засоби (ЕЗЗ). Потрібні ЕЗЗ надають у таблиці 5.8 [4].

Таблиця 5.8 – Перелік електрозахисних засобів

<b>Вид ЕЗЗ</b>	<b>Найменування</b>	<b>Технічні характеристики</b>	<b>Призначення і норми випробувань</b>
1	2	3	4
Електрозахисний засіб індивідуального захисту	Діелектричні рукавички, діелектричне взуття, гумові діелектричні килими	Для робіт під напругою до 35 кВ	Підключення сонячної електростанції до мережі
Захисні пристосування	Захисне переносне заземлення, ізолюючі підставки	Виконання робіт	0,5 – 10 Раз у 2 роки
Контрольно сигнальні прилади	Сигналізатори напруги	Перевірка напруги	0,6 – 35 кВ Раз у 2 роки

### **5.7 Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів**

За можливості виникнення вибуху або пожежі, відповідно до норм з

пожежної безпеки на енергетичних об'єктах, вибирають первинні засоби до тушіння пожеж, а також технічні та організаційні заходи.

Результати вибору наводяться у таблиці 5.9 [5].

Таблиця 5.9 – Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

Група заходів	Технічні характеристики	Критерії вибору
1	2	3
Технічні		
Вуглекислотний вогнегасник ББ 4	Переносний, тривалість дії – 50 с, довжина струмені – 7 м	Розміщено на горищі
Пожежний інвентар	Сокира, відро, шланг	Розміщено на горищі
Блискавкозахист	Стержневий	Друга категорія
Організаційні		
План дій з попередження пожеж і вибухів	Вимоги до евакуаційних заходів, планах евакуації, забезпечення дотримання протипожежних вимог, виконання приписів і постанов органів державного пожежного нагляду	Всі мешканці мають бути проінформовані щодо плану евакуації та дотримання протипожежних вимог.
ЗІЗ		
Захисний одяг водонепроникний	ВК «КОМБІ», комбінезон	Багаторазового використання. Термін зберігання – 6 років.

Протигаз	М98 «Scott» з фільтром ХС від монооксиду вуглецю.	Температура зберігання – від 30 °С до 170 °С. Термін зберігання – 15 років
----------	---	--

### 5.8 Розрахунок технічного заходу з безпеки експлуатації

Розрахувати зони захисту блискавководу виробничої будівлі за наступними даними: будівля довжиною = 80 м, шириною = 16 м, висотою

= 30 м. Вид блискавководу: окремий стержневий.

Спершу визначимо очікувану кількість уражень блискавкою будівель та споруд без блискавкозахисту за рік за формулою (1). Оскільки будівля розташована в Києві, середньорічна кількість ударів блискавки в 1 км<sup>2</sup> поверхні землі залежно від інтенсивності грозової діяльності складає =

7. Тоді:

$$N = (S + 6h) * (L + 6h) - 7,7 h^2 * n \cdot 10^{-6}$$

$$= (16 + 6 * 30) * (80 + 6 * 30) - 7,7 * 30^2 * 7 * 10^{-6}$$

$$= 50959 > 100, \text{ тому обирається зона захисту Б. приймається рівним 2м.}$$

За формулою (2) для зони захисту Б повна висота блискавкоприймача становить:

$$r_x + 1,63 * h^2 + 1,63 * 30$$

$$h = 1,5 = 34 \text{ м}$$

Згідно табл. 3 вирахуємо параметри:

$$r_0 = 0,86 * h = 0,86 * 30 = 26 \text{ м}$$



$$h_0 = 0,53 * h = 0,53 * 30 = 16 \text{ м}$$

Схему блискавкозахисту за розрахунковими параметрами наведено нижче.

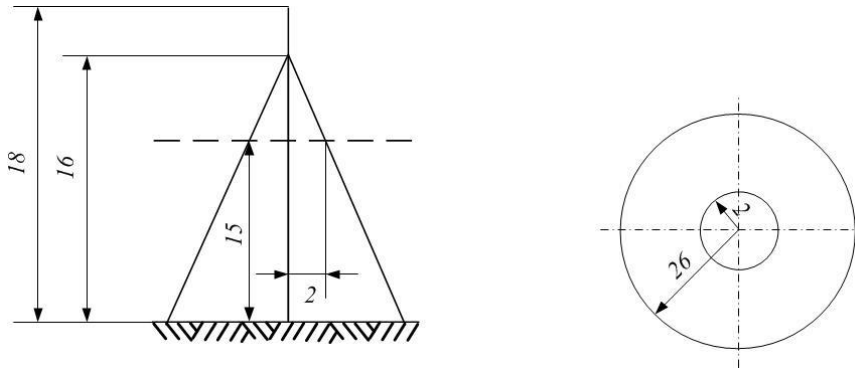


Рисунок 5.2 - Блискавозахист

## Висновки до розділу 5

У даному розділі був розглянутий дах житлового будинку як місце встановлення сонячної електростанції, яким займається компанія Solar Tech. Були визначені та проаналізовані такі чинники умов праці як параметри мікроклімату, категорія важкості праці та рівеня напруженості праці – II. Крім того були визначені шкідливі та небезпечні виробничі чинники – шум, вологість та швидкість вітру, які належать до I категорії. Для запобігання впливу вищеназваних чинників були рекомендовані наступні заходи безпеки:

- комплект заземлення «Громовик»;
- алюмінієва огорожа для блокування падіння;
- спеціальне взуття та одяг як засоби індивідуального захисту для роботи на висоті та з напругою;

Для запобігання та ліквідації пожеж та вибухів було обрано три групи засобів – організаційні, технічні та індивідуального захисту. До першої групи відноситься розроблений план дій. До другої – блискавкозахист (був проведений розрахунок зони), пожежний інвентар та вогнегасник. До третьої - протигаз та спеціальний одяг.

## **6 ВИСНОВКИ**

У дипломному проекті були обґрунтовані можливості підвищення енергоефективності житлового будинку.

Внаслідок енергетичного обстеження управління було встановлено, що для підвищення рівня енергозбереження необхідно впровадити такі заходи:

### **1. Електропостачальна система:**

- заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи будинку;
- встановити датчики руху у місцях загального користування будинку;
- встановлення частотного перетворювача на насоси будинку.

### **2. Теплопостачальна система:**

- утеплення зовнішніх стін будівлі;
- утеплення підлоги;
- утеплення даху;
- промивка системи опалення.

Впровадження вищезгаданих заходів дасть можливість зекономити близько 500 тис. грн.. в рік при сумарних витратах на ці заходи близько 1 млн. 700 тис. грн.

## **6 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Практичні методи визначення розрахункових навантажень: методичні вказівки для вивчення розділів, виконання розрахункової роботи та курсового проекту дисципліни «Системи електропостачання» кафедри електропостачання Інституту енергозбереження та енергоменеджменту /Укладачі: В.А. Попов, В.В. Ткаченко. - К: НТУУ «КПІ», 2009.
2. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения/. Кнорринг Г. М, Оболенцев Ю. Б. - Л. : Энергия, 1976. – 384с.
3. Зорін В.В., Тисленко В.В «Системи електропостачання загального призначення» - Чернігів, 2005
4. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Барыбина и др. / - М.: Энергоиздат, 1990. – 576 с.
5. Закладний, О.М. Енергозбереження засобами промислового електроприводу [Текст] / О.М. Закладний, А.В. Праховник, О.І. Соловей;—К. : Кондор, 2005. — 408 с. – Библиогр.: - ISBN 966-7665-23-2.
6. Праховник, А.В. Энергетический менеджмент [Текст] /А.В. Праховник А.И. Соловей, В.В. Прокопенко; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". — К. :НТУУ "КПІ", 2001. — 472 с. – Библиогр.: - ISBN 966-622-027-х.
7. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976.
8. Учебный посібник «РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ: СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ», А.В.Кабышев, С.Г.Обухов, Томськ, 2005р.

9. «Системи електропостачання, Довідкові дані (Таблиці)», Попов В.А. Київ-2014р.
10. Мінагрополітики України від 25 квітня 2008 року № 278 «Методика визначення норм витрат електроенергії та палива на подачу води для зрошення» нормативне значення питомої витрати електроенергії», м.Київ, 2012 р.
11. Meteorprog [Електронний ресурс]: Погода в Україні й світі. – Режим доступу: <http://www.meteorprog.ua/ua/climate/Kyiv/>. – Назва з екрана.
12. [Електронний ресурс] / <https://www.gismeteo.ua/>
13. [Електронний ресурс] / [http://stanki-katalog.ru/sprav\\_6t83.htm/](http://stanki-katalog.ru/sprav_6t83.htm/)
14. ДБН В.2.6-31: 2006. «Теплова ізоляція будівель». К.: 2006. –72 с
15. Каталог продукції [Електронний ресурс] <https://www.rehau.com/ua-uk/>
16. Каталог продукції Лебединського машинобудівного заводу [Електронний ресурс] <http://kotly.org.ua/>
17. [Електронний ресурс]  
[http://www.rockwool.ua/products+and+solutions/u/2011.product/3934/teplo\\_izolyatsiya\\_skatnoy\\_krovli\\_i\\_cherdachnykh\\_perekrytiy/rockmin\\_plus](http://www.rockwool.ua/products+and+solutions/u/2011.product/3934/teplo_izolyatsiya_skatnoy_krovli_i_cherdachnykh_perekrytiy/rockmin_plus)
18. Правила улаштування електроустановок (наказ від 20.06.2014р.№469), Київ
19. Ligazakon.ua [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/RE12656.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE12656.html).
20. Zhkinfo.ru [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zhkinfo.ru/normativy/kakie-normy-temperatury-v-detskix-sadax-na-2015-2016-god.html>
21. ДБН В.2.5-28-2006 “Природне і штучне освітлення”.
22. Основи охорони праці. За редакцією К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського.