

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

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ А.В. Попов

« ____ » _____ 2021р

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

Спеціалізації: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: **«Обґрунтування вибору заходів енергозбереження для
навчального закладу»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ОН-71

Олійник Дмитро Валерійович

Керівник:

к.т.н., доц. Прокопенко В.В.

Консультанти:

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

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

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

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль ас.Прокопенко І.Д.

(назва розділу)

(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 _____

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 енергоефективні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ А.В. Попов
« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Олійнику Дмитру Валерійовичу**

- 1. Тема проекту** «Обґрунтування вибору заходів енергозбереження для навчального закладу»,
керівник проекту *к.т.н., доц. Прокопенко В.В.*, затверджені наказом по університету від «27» травня 2021 р. №1353-с
- 2. Термін здачі студентом закінченого проекту** «14» червня 2021 р.
- 3. Вихідні дані до проекту:** результати проведеного енергоаудиту навчального закладу.
- 4. Перелік розділів, які мають бути розроблені**
 - а) енергетична ефективність постачання та використання електричної енергії: - Енергетичний аудит електропостачальної системи навчального закладу;
 - б) енергетичний аудит системи теплопостачання: - Енергетичний аудит теплопостачання житлового навчального закладу;
 - в) охорона праці та пожежної безпеки: - Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях під час модернізації системи освітлення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

- 1.Схема та баланс потоків електричної та теплової енергії на об'єкті
2. Споживання електричної енергії об'єктом
3. Аудит теплоспоживання та рекомендовані енергоефективні заходи
4. Впровадження СЕС

6. Консультанти:

| Розділ (частина) | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|--|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Теплова частина</i> | <i>к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков В.О.</i> | | |
| <i>Охорона праці та пожежна безпека</i> | <i>д.т.н., проф. Третькова Л.Д.</i> | | |
| <i>Нормоконтроль</i> | <i>ас. Прокопенко І.Д.</i> | | |

7. Дата видачі завдання «17» травня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проекту

Студентом Олійником Дмитром Валерійовичем

(прізвище, ініціали)

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту | Позначки керівника про виконання завдань |
|-------|--|--------------------------------|--|
| | Розрахунок електричної частини | 20.05.-26.05.21 | |
| | Розрахунок теплової частини | 27.05.-31.05.21 | |
| | Розрахунок застосування відновлювальних джерел енергії | 01.06.-03.06.21 | |
| | Розрахунок частини охорона праці та пожежна безпека | 03.06 –05.06.21 | |
| | Підготовка графічного матеріалу | 05.06.-07.06.21 | |
| | Захист дисертації | 14.06.21 | |

Студент

Д.В. Олійник

Керівник проекту

В.В. Прокопенко

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 3 |

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту складається з п'яти розділів, містить 78 сторінки основного тексту. В основному тексті роботи наведено 22 ілюстрацій, 18 таблиць та 40 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Метою даного є підвищення енергетичної результативності навчального корпусу №30 НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського . Для досягнення цієї мети було запропоновано 4 заходи з енергоефективності для електричної енергії , та 4 для теплової енергії. Реалізація всіх запропонованих заходів з енергоефективності допоможе значно зменшити споживання енергоресурсів. Економічний ефект від впровадження запропонованих заходів позитивний, адже терміни окупності досить невеликі, за виключення одного з методів, а саме заміни моніторів комп'ютерів.

Ключові слова: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, СПОЖИВАННЯ, НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ ,ПОТУЖНІСТЬ, ВТРАТИ, ЕКОНОМІЯ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ, ПОЖИВАННЯ, ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, РОЗРАХУНОК.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 4 |

ABSTRACT

The explanatory note to the diploma project consists of five sections, contains 78 pages of the main text. The main text of the work contains 22 illustrations, 18 tables and 40 bibliographic names according to the list of references.

The purpose of this is to increase the energy efficiency of the educational building №30 NTUU "KPI" them. Igor Sikorsky. To achieve this goal, 4 energy efficiency measures were proposed for electricity and 4 for thermal energy. Implementation of all proposed energy efficiency measures will help significantly reduce energy consumption. The economic effect of the implementation of the proposed measures is positive, because the payback period is quite short, except for one of the methods, namely the replacement of computer monitors.

Keywords: ENERGY EFFICIENCY, ELECTRICITY, CONSUMPTION, LOAD, THERMAL ENERGY, POWER, LOSSES, ECONOMY, ENERGY ENGINEERING

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 5 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧНЬ, ТЕРМІНІВ

ГВП – гаряче водопостачання;
ТМ – трансформатор масляний;
ДСТУ – державний стандарт України;
ДБН – державні будівельні норми;
Д – дерев'яний
Зх – Захід
ККД – коефіцієнт корисної дії
МП – металопластиковий;
М – металевий
ОСВ - одиниця скорочення викидів
Пд – Південь
ПДВ - податок на додану вартість
ПЕР – паливно-енергетичні ресурси
Пн – Північ
Сх – Схід
СЕС сонячна електростанція;
IRR – внутрішня норма рентабельності
NPV – чистий дисконтований дохід
 α – коефіцієнт тепловіддачі;
 δ – товщина;
 λ – коефіцієнт теплопровідності;
 R – опір теплопередачі;
 k – коефіцієнт теплопередачі;
 F – площа;
 Q – теплота.
ст – стіна;
в – вікно;
д –двері;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 6 |

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| 1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ | 10 |
| 1.1 Короткий опис об'єкту | 10 |
| Огороджувальні конструкції будівлі | 11 |
| 1.2 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки | 13 |
| 1.3 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР | 20 |
| 1.4 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності | 20 |
| Висновки до розділу 1 | 21 |
| 2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ..... | 22 |
| 2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз | 22 |
| 2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії | 23 |
| 2.3 Повірочний розрахунок навантажень об'єкту | 24 |
| 2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього освітлення..... | 25 |
| 2,5 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії..... | 29 |
| 2.6 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті | 32 |
| 2.7 Розроблення типових заходів з енергоефективності для споживачів електричної енергії..... | 33 |
| 2.8.2 Чистка світильників | 35 |
| 2.8.3 Чистка скла у вікнах | 36 |
| 2.8.4 Заміна моніторів..... | 36 |
| Висновки по розділу 2 | 38 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

| | |
|--|----|
| 3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ | 39 |
| 3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергетичної ефективності в будівлях | 39 |
| 3.2Визначення теплового навантаження будівлі | 40 |
| 1.Стіни | 40 |
| 2. Вікна | 41 |
| 3. Вхідні двері..... | 41 |
| 4. Підлога | 42 |
| 5. Дах | 42 |
| 3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огорожувальних конструкцій..... | 49 |
| 3.3.1 Утеплення зовнішніх стін будівлі теплоізоляційним матеріалом | 49 |
| 3.4.2 Встановлення теплової завіси..... | 52 |
| 3.5 Розроблення типових заходів з енергозбереження для інженерних мереж | 54 |
| 3.5.1 Встановлення термостатичних вентилів для регулювання продуктивністю системи опалення | 54 |
| 3.5.2 Встановлення рефлекторів за радіаторами..... | 56 |
| 3.5 Рівень енергоспоживання після реалізації заходів..... | 58 |
| Висновки до розділу 3 | 59 |
| 4 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ..... | 60 |
| 4.1 Обґрунтування вигоди застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії на об'єкті. | 60 |
| Висновки до розділу 4 | 64 |

| | |
|--|----|
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ..... | 65 |
| 5.1 Загальна характеристика об'єкту | 65 |
| 5.2 Визначення обсягів і послідовності робіт | 68 |
| 5.3 Визначення показників умов праці | 68 |
| 5.4 Визначення та оцінка небезпечних і шкідливих чинників | 69 |
| 5.5 Обґрунтування вибору технічних та організаційних заходів безпеки | 69 |
| 5.6 Вибір системи захисту від пожеж і вибухів на енергетичного об'єкту | 70 |
| Висновки до розділу 5 | 72 |
| ВИСНОВКИ..... | 74 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ | 75 |

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ

1.1 Короткий опис об'єкту

Об'єктом дипломного проекту є навчальний заклад що знаходиться у північній частині Солом'янського району міста Києва за адресом Індустріальний провулок 2 , а саме корпус НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського №30(рисунок 1.1) .Режим роботи корпусу з 8.00 до 21.00 щоденно ,крім неділі. Кількість годин роботи на рік -2000 год.



Рисунок 1.1 –Зовнішній вигляд будинку.

Будинок шестиповерховий, збудований у 1988 р., групи капітальності І. Земельна ділянка,, на якій розташований об'єкт, відноситься до 28-ої економіко-планувальної зони Києва. Учбово-лабораторний корпус №30 розташований у південній частині території Національного технічного університету України «КПІ».

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-----------------|--------|------|-------------------------------|--|--|----------------|-------|---------|--|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | | | | | | |
| Вим | Арк.. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | |
| Розроб. | | Олійник Д.В | | | Загальний опис об'єкту | | | Літ | Аркуш | Аркушіє | |
| Перевір. | | Прокопенко В.В | | | | | | | 10 | 25 | |
| Реценз. | | | | | | | | ІЕЕ, гр. ОН-71 | | | |
| Н. Контр. | | Прокопенко І.Д. | | | | | | | | | |
| Затвер. | | | | | | | | | | | |

Інститут телекомунікаційних систем (ІТС) створено в 2002 році на базі Кафедри засобів телекомунікацій, яка була організована в 1993 році, та Науково-дослідного інституту телекомунікацій, який розпочав свою діяльність у 1990 році і мав тоді назву НДІ радіоелектронної техніки "ТОР". ініціатором створення як кафедри, так і інституту був академік НАН України, професор, доктор технічних наук Ільченко Михайло Юхимович, який і очолив ці підрозділи.

Розрахункова кількість працюючих :

Науково-викладацький склад 90 чоловік

Технічний персонал 15 чоловік

Загальна кількість студентів(що знаходяться у корпусі) 500 чоловік

Загально у корпусі водночас перебуває 540 чоловік.

Наявні лічильники електроенергії, тепла та холодної води.

Огороджувальні конструкції будівлі

1.Стіни

Загальна площа стін (без світлопрозорих огорожувальних конструкцій та виступаючих ребер) навчального корпусу складає 2136,6 м², площа даху та площа усіх перекриттів корпусу – 793,9м². Стіни будівлі виконані залізобетонними конструкціями, ззовні та всередині вкриті шаром штукатурки.

2.Вікна

Вікна у будівлі металопластикові . Загальна площа усіх вікон – 598,4 м². Усього в корпусі знаходиться 274 вікна.

За проектними даними опір теплопередачі вікон $R_{\text{в}}=0,35 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

3.Вхідні двері

Вхідні двері металопластикові.

За проектними даними опір теплопередачі дверей $R_{\text{д}}=0,65 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.Підлога

Оскільки дані щодо складу підлоги відсутні, то коефіцієнт теплопередачі підлоги приймаємо $K_{підл.}=0,75$.

5.Дах

Дах складається з наступних шарів:

- залізобетонні блоки з $\lambda=1,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ товщиною $\delta=0,5 \text{ м}$;
- бетон з заповненням з керамзиту з $\lambda=0,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ товщиною $\delta=0,3 \text{ м}$;
- гідроізоляція (з 2 слоїв руберойду) з $\lambda=0,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ товщиною $\delta=0,05 \text{ м}$;
- вапняно-піщана стяжка з $\lambda=0,82 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ товщиною $\delta=0,003 \text{ м}$;

Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВК)

Системи опалення корпусу – залежна, елеваторна. Система гарячого водопостачання в корпусі відсутня, тому корпус споживає теплову енергію тільки під час зимнього періоду року на опалення. Найбільша кількість теплової енергії споживається в зимові місяці як в найхолодніший час. Система теплопостачання працює з 1988 року, значних модернізацій та замін устаткування не проводилось.

Вентилятори та насоси

Холодне водопостачання будівлі здійснюється централізовано від зовнішніх водопровідних мереж міста. Водовідведення будівлі здійснюється централізовано до зовнішніх міських каналізаційних мереж. Постачання холодної води відбувається цілодобово. Вузол вводу холодного водопостачання змонтовано із сталевих водогазопровідних труб.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.2 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки

Щомісячні показники споживання електроенергії корпусом за 2018-2020 рік запишемо в (таблицю 1.1):

Таблиця 1.1–Річне споживання електроенергії та грошові витрати

| Місяць | Споживання енергії | | | | | |
|----------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | 2018 | | 2019 | | 2020 | |
| | Спожито кВт год | Вартість грн | Спожито кВт год | Вартість грн | Спожито кВт год | Вартість грн |
| Січень | 16200 | 34881,516 | 22200 | 52684,596 | 27080 | 62150,87472 |
| Лютий | 18600 | 40086,72 | 21900 | 51972,642 | 19352 | 44414,46557 |
| Березень | 18000 | 38766,6 | 21900 | 51972,642 | 21800 | 50032,8312 |
| Квітень | 16500 | 37780,05 | 21000 | 49891,464 | 18200 | 33238,5144 |
| Травень | 12300 | 28163,31 | 17700 | 42051,3768 | 13400 | 24472,3128 |
| Червень | 12900 | 29537,13 | 13200 | 31360,3488 | 15200 | 27759,6384 |
| Липень | 12000 | 27450 | 12600 | 33274,8864 | 10700 | 21295,14 |
| Серпень | 12600 | 28822,5 | 15200 | 38354,5248 | 9800 | 20530,7256 |
| Вересень | 13200 | 30195,4752 | 16400 | 37533,1056 | 10700 | 22416,2004 |
| Жовтень | 17700 | 40194,576 | 23000 | 52871,94 | 11000 | 23496,792 |
| Листопад | 26100 | 59269,968 | 25100 | 57699,378 | 15500 | 34485,33 |
| Грудень | 31500 | 71532,72 | 25100 | 57699,378 | 15200 | 35140,8192 |
| Сумма | 207600 | 466680,5652 | 235300 | 557366,2824 | 187932 | 399433,6443 |

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Влітку спостерігається найменше споживання, оскільки тривалість світлового дня максимальна.. А більш яскраво це видно на графіку щомісячного споживання (Рисунок 1.2) .

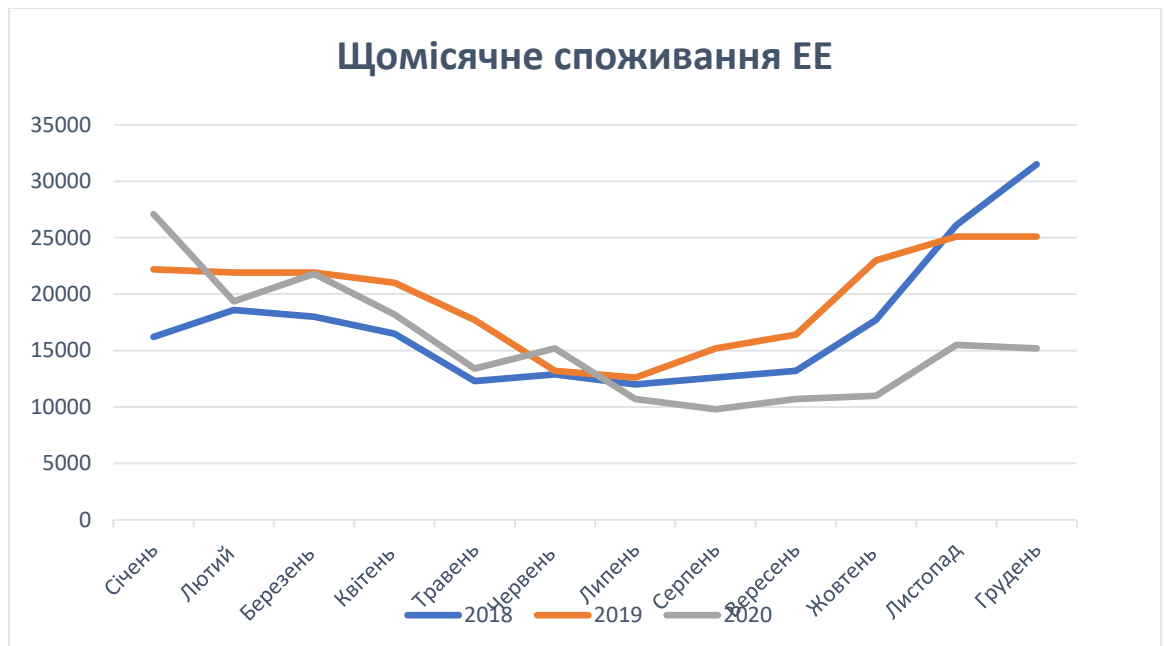


Рисунок 1.2 –Щомісячне споживання електричної енергії на протязі 2018-2020 років

Побудуємо діаграму загального споживання електричної енергії для кожного року.

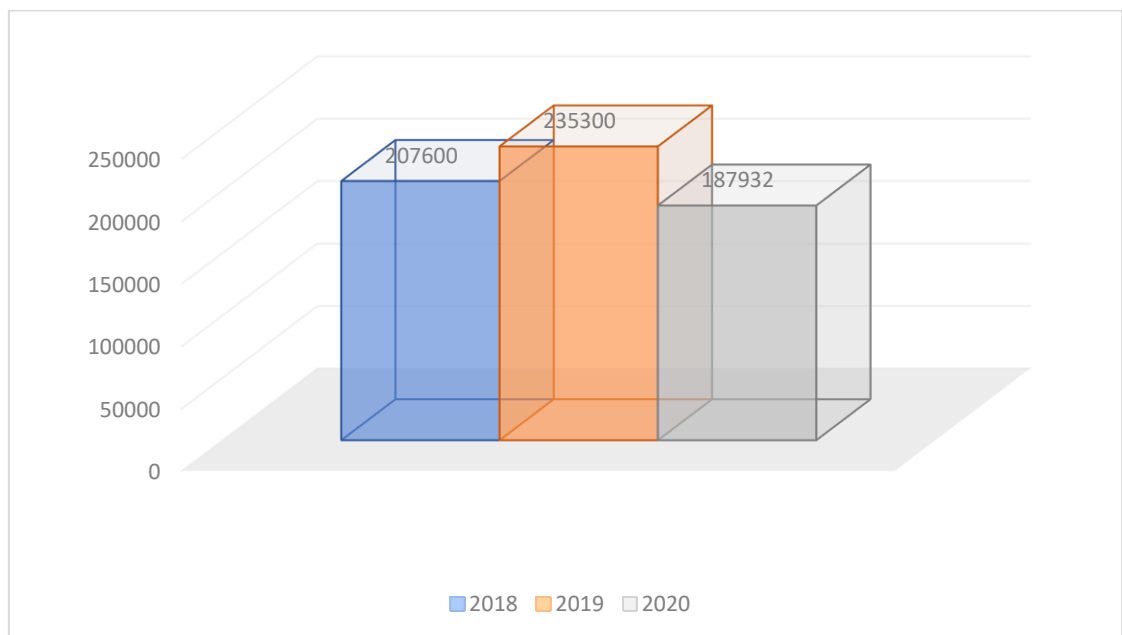


Рисунок 1.3 – Щорічне споживання електроенергії корпусом, кВт год

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Знайдемо співвідношення плати за електроенергію по роках та покажемо це у вигляді діаграми (Рисунок 1.4)

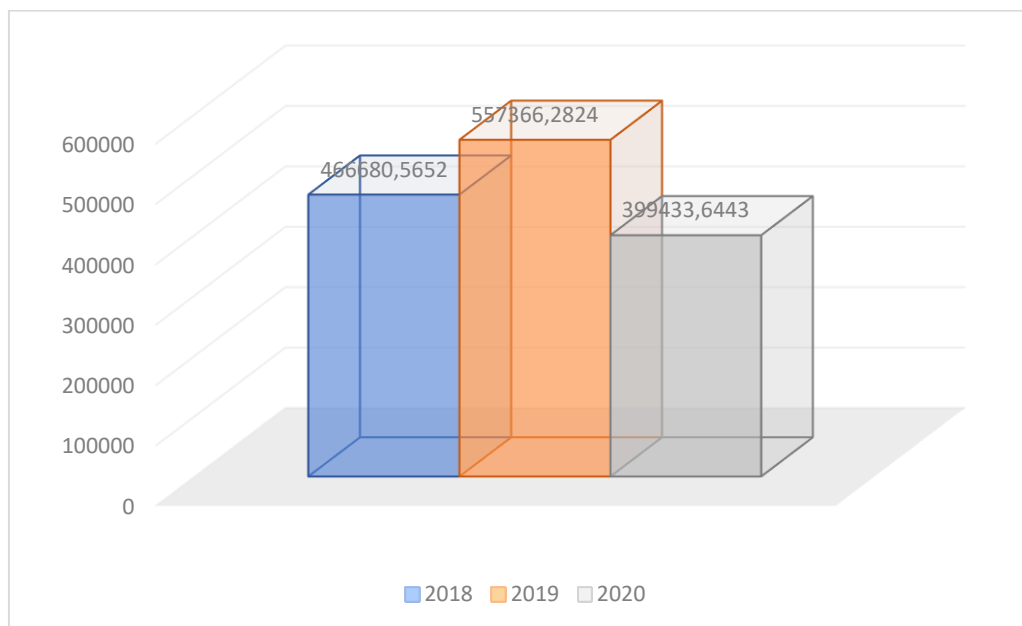


Рисунок 1.4 – Вартість спожитої електроенергії по роках , грн.

Щомісячне споживання теплової енергії зведемо до (таблиці 1.2):

Таблиця 1.2 – Щомісячні показники споживання теплової енергії.

| Місяць | Споживання теплової енергії | | | | | |
|----------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2018 | | 2019 | | 2020 | |
| | Спожито Гкал год | Вартість грн | Спожито Гкал | Вартість грн | Спожито Гкал | Вартість грн |
| Січень | 88,81 | 144043,66 | 43,6 | 79764,86 | 54,8 | 83870,92 |
| Лютий | -20,83 | -17795,61 | 260,03 | 473856,46 | 75,78 | 106316,13 |
| Березень | 61,11 | 101499,96 | 29,81 | 54317,1 | 47,36 | 66445,31 |
| Квітень | 15,64 | 25977,47 | -227,53 | -414620,96 | 0 | 0 |
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Листопад | 20,7 | 38636,19 | 29,78 | 54268,45 | 14,97 | 20312,22 |
| Грудень | 53,09 | 99091,57 | 59,28 | 86417,26 | 47,43 | 64363,41 |
| Сумма | 218,52 | 391453,24 | 194,97 | 334003,17 | 240,34 | 341307,99 |

Зобразимо графічно споживання теплової енергії для кожного місяця.

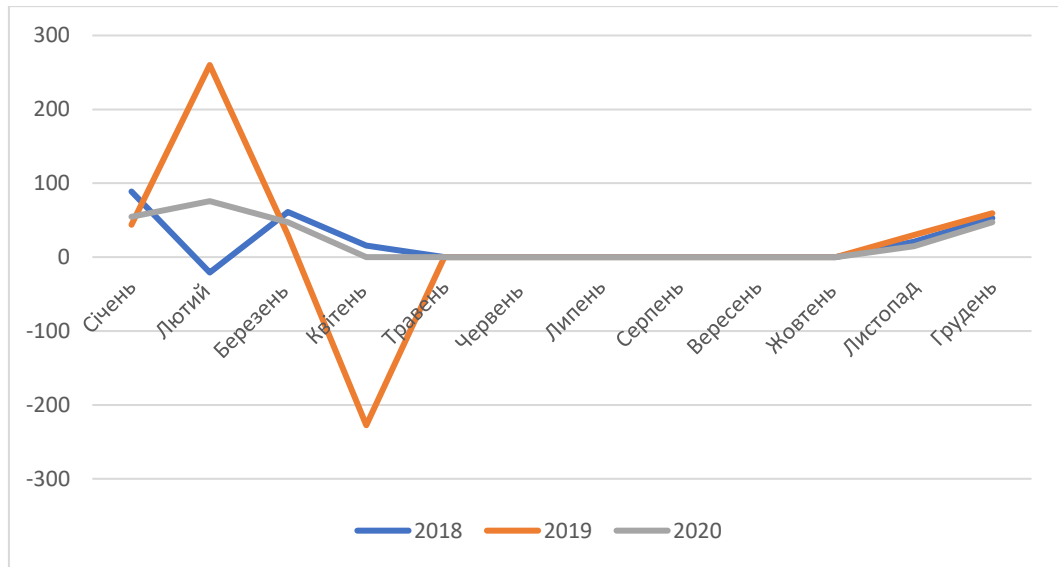


Рисунок 1.5 – Щомісячне споживання теплової енергії на протязі 2018-2020 років

Споживання теплової енергії корпусом відбувається тільки під час опалювального сезону, в інший час теплове навантаження будівлі дорівнює нулю. Найбільша кількість теплової енергії споживається в зимові місяці як в найхолодніший час. У весняні і осінні місяці споживання теплоти менше, ніж в зимові, оскільки здійснює регулювання температури теплоносія (якісне регулювання) для створення комфортніших умов в приміщеннях у відповідності зі змінами температури за вікном.

Відобразимо графічно щорічне споживання теплової енергії корпусом.

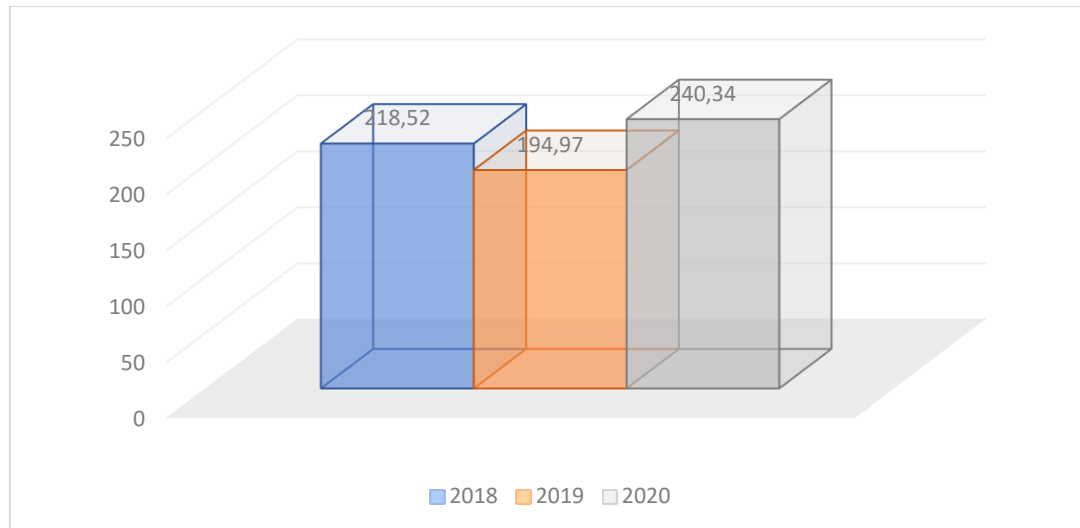


Рисунок 1.6 – Загальне споживання теплової енергії щорічно , Гкал

Знайдемо співвідношення плати за теплову енергію по рокам та зобразимо її у вигляді діаграми (Рисунок 1.7) .

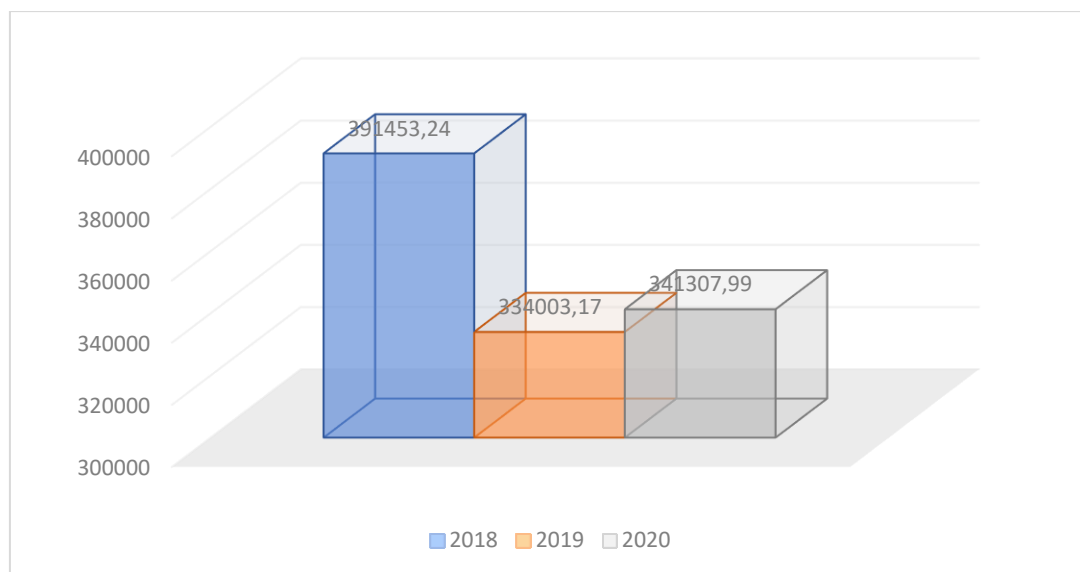


Рисунок 1.7 – Плата за теплову енергію по рокам, грн

З даних графіків ми бачимо , що споживання теплової енергії безпосередньо залежить від погодних умов та рівня температур в холодну пору року. Крім того з графіків видно постійну зміну тарифів на теплову енергію

Данні про споживання води зведемо до (таблиці 1.4)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 1.4 – Щомісячне споживання води протягом 2018-2020 років

| Місяць | Споживання води | | | | | |
|----------|-----------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| | 2018 | | 2019 | | 2020 | |
| | Спожито м3 | Вартість грн | Спожито м3 | Вартість грн | Спожито м3 | Вартість грн |
| Січень | 54 | 767,232 | 62 | 1664,208 | 58 | 1207,56 |
| Лютий | 60 | 851,04 | 56 | 1042,92 | 42 | 874,44 |
| Березень | 88 | 1248,192 | 66 | 1269,648 | 43 | 895,26 |
| Квітень | 70 | 992,88 | 72 | 1467,072 | 53 | 1218,576 |
| Травень | 72 | 1021,248 | 89 | 1813,464 | 15 | 344,88 |
| Червень | 61 | 865,224 | 73 | 1487,448 | 19 | 436,848 |
| Липень | 135 | 2130,3 | 85 | 1731,96 | 9 | 206,928 |
| Серпень | 48 | 757,44 | 44 | 896,544 | 22 | 505,824 |
| Вересень | 178 | 2808,84 | 285 | 5807,16 | 30 | 689,76 |
| Жовтень | 35 | 552,3 | 74 | 2736,4968 | 40 | 919,68 |
| Листопад | 43 | 786,384 | 92 | 4221,9072 | 17 | 390,864 |
| Грудень | 30 | 548,64 | 49,82 | 1754,78112 | 32 | 735,744 |
| Сумма | 874 | 13329,72 | 1047,82 | 25893,60912 | 380 | 8426,364 |

Покажемо графічно споживання води щомісячно протягом 2018-2020 років

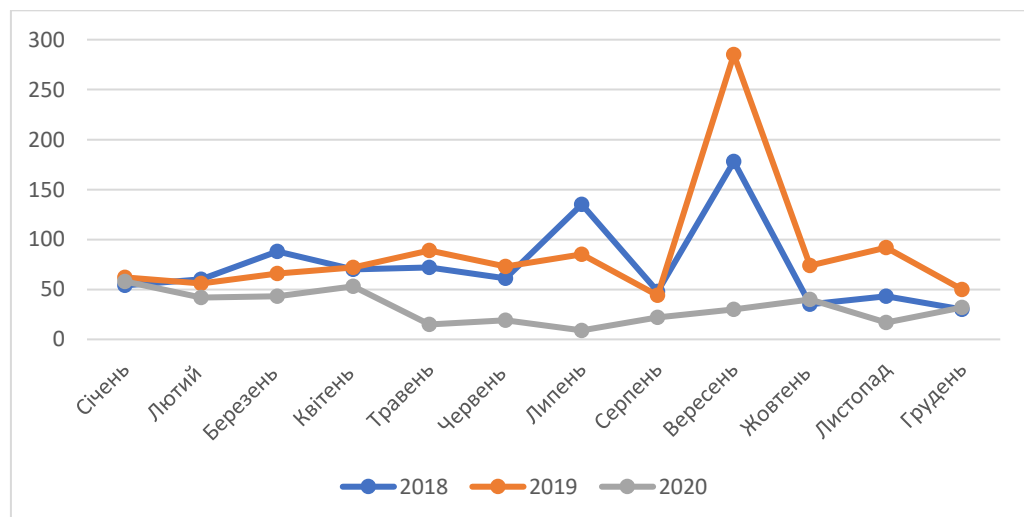


Рисунок 1.8 – Графік споживання води за 2018-2020 роки.

Споживання холодної води корпусом, залежить в основному від потреб персоналу і відвідувачів. Також коливається від періоду року, а саме, від часу коли в корпусі знаходиться менша або більша кількість людей.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Річне споживання холодної води корпусом зобразимо у вигляді діаграми (Рис 1.9)

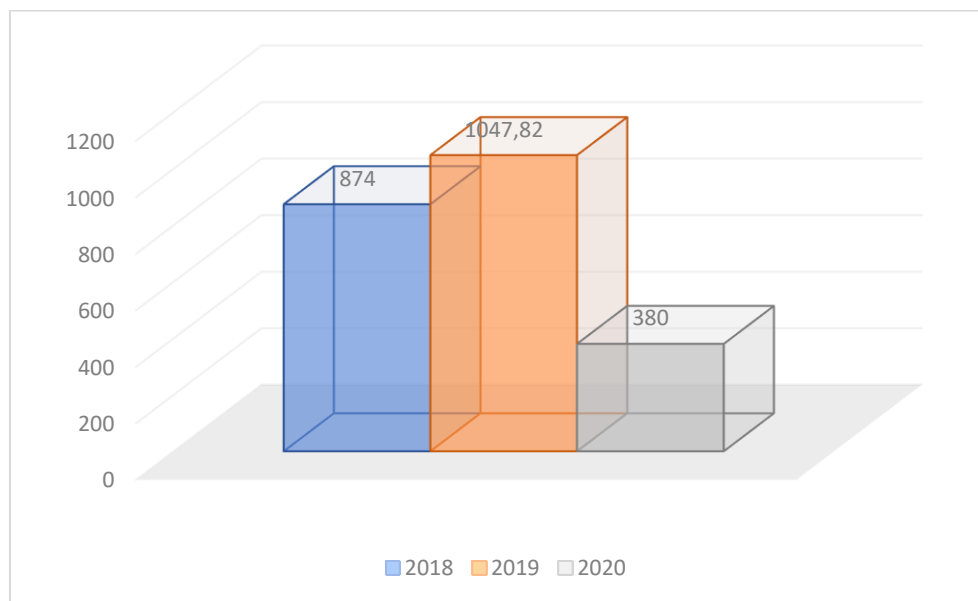


Рисунок 1.9 – Загальне споживання води за 2018-2020 роки.

Знайдемо співвідношення плати за водопостачання по роках та зобразимо її у вигляді діаграми (Рисунок 1.10) .

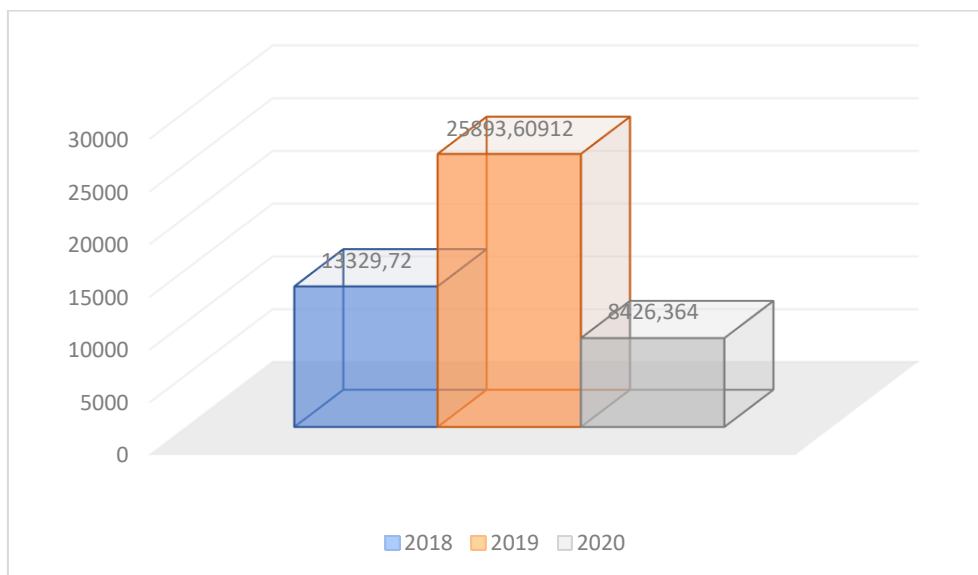


Рисунок 1.10 – Загальна плата за воду за 2018-2020 роки

1.3 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР

У КЕК споживаються такі енергоносії: електрична енергія, теплова енергія та вода. За використані енергоносії корпусу розраховується з такими організаціями:

- 1) Київенерго (за показниками лічильників) – електроенергія;
- 2) Київтеплоенерго (за показниками лічильників) – теплоенергія;
- 3) Київводоканал (за показниками лічильників) – вода.

Корпус відноситься до непромислових споживачів і розраховується за електроенергію за відповідними тарифами. Тариф на електроенергію змінюється щомісяця. Найменший тариф на електроенергію влітку, найбільший – взимку.

Тариф на електроенергію в 2020 році становить 1,82 грн/кВт*год теплу пору року та 2.29 грн/кВт*год в холодний період року з урахуванням ПДВ.

Тариф на теплову енергію в 2020 році становить 1630.81 грн/Гкал з урахуванням ПДВ.

Тариф на водопостачання та на водовідведення в 2020 році становить відповідно 11.832 грн/м³ та 8.98 грн/м³. Загалом за воду тариф становить 20.82 грн/м³ з урахуванням ПДВ.

Інформація отримана з інтернет ресурсів [1,2,3].

1.4 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності .

Заміна дверей та вікон на пластикові.

Оскільки енергосистеми проектувались давно , то є очевидним той факт що вони не можуть відповідати сучасним вимогам енергозбереження та ефективного перерозподілу енергетичних потоків.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Висновки до розділу 1

Даний навчальний корпус збудований досить давно , тому стан корпусу є незадовільним та не відповідає вимогам наших днів.

Системи опалення корпусу – залежна, елеваторна. Система гарячого водопостачання в корпусі відсутня. Споживання теплової енергії корпусом відбувається тільки під час опалювального сезону, в інший час теплове навантаження будівлі дорівнює нулю. Споживання холодної води корпусом, залежить в основному від потреб персоналу і відвідувачів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз

Об'єкт має однолінійну схему електропостачання. Електроенергія постачається в навчальний корпус №30 з ТП-5011. На ТП-5011 встановлено два трансформатори ТМ 1000/10 потужністю по 1000 кВА кожний.

Лічильники електричної енергії стоять на вході та на аварійному освітленні. Перелік лічильників електричної енергії зведено в (таблицю 2.1):

Таблиця 2.1 – Перелік лічильників електричної енергії

| Номер електролічильника | Тип | К _{тр} |
|-------------------------|------------|-----------------|
| 660032 | СА4У-И672М | 400 |
| 002151 | СА4У-И672М | 100 |
| 121335 | СА4У-И672М | 10 |
| 737735 | СА4У-И672М | 4 |

На ТП встановлено трансформатори струму типу ТК-20.

ТП розташована на цокольному поверсі корпусу №30.

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|----------|--------|------|---|--|--|----------------|-------|---------|--|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Вим | Арк.. | № докум. | Підпис | Дата | Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті | | | Літ | Аркуш | Аркушів | |
| Розроб. | Олійник Д.В | | | | | | | | | | |
| Перевір. | Прокопенко В.В | | | | | | | | 22 | 10 | |
| Реценз. | | | | | | | | ІЕЕ, гр. ОН-71 | | | |
| Н. Контр. | Прокопенко І.Д. | | | | | | | | | | |
| Затвер. | | | | | | | | | | | |

2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії

Споживання електричної енергії на об'єкті розділяється між такими споживачами як освітлення , побутова техніка , офісна техніка, силові обладнання та лабораторні стенди.

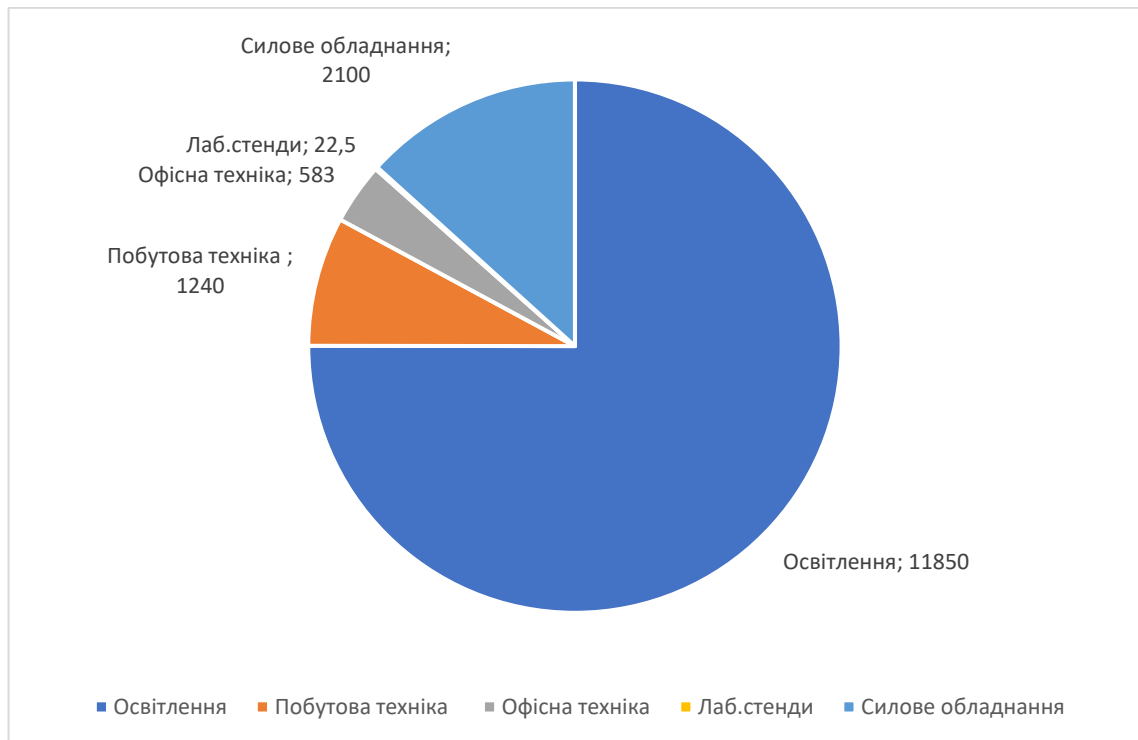


Рисунок 2.1 –Діаграма балансу споживання електричної енергії

Як видно з (рисунка 2.1) найбільша кількість електричної енергії в корпусі витрачається на освітлення ,так як система освітлення в корпусі є застарілою та не є енергоефективною.

Тому слід приділити увагу цьому фактору при впровадженні заходів, що сприяють енергозбереженню.

2.3 Повірочний розрахунок навантажень об'єкту

Розрахункове навантаження навчального закладу розраховується згідно [4] наступним чином:

$$P = p \cdot n = 0,035 \cdot 1205 = 42.175 \text{ кВт}$$

де, пкількість корисної площі ,р– питоме навантаження на 1 ліжко-місце.

$$Q = P \cdot tg\phi = 42.175 \cdot 0.43 = 18.13 \text{ квар}$$

де $tg\phi$ - коефіцієнт реактивного навантаження.

Повну потужність визначаємо за формулою:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{42.175^2 + 18.13^2} = 45.9 \text{ кВА}$$

Навантаження на шинах НН :

$$P_{\text{НН}} = P = 45,175 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{НН}} = Q = 18.13 \text{ квар}$$

$$S_{\text{НН}} = S = 45.9 \text{ кВА}$$

Розрахуємо втрати в трансформаторі ТР1:

$$\Delta P_{\text{ТР}} = 0.03 \cdot S = 0.03 \cdot 45.9 = 1.37 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{ТР}} = 0.1 \cdot S = 0.1 \cdot 45.9 = 4.59 \text{ квар}$$

Знаходимо навантаження приведене до шин ВН:

$$P_{\text{ВН}} = P_{\text{НН}} + \Delta P_{\text{ТР}} = 45.175 + 1.37 = 46.545 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ВН}} = Q_{\text{НН}} + \Delta Q_{\text{ТР}} = 18.13 + 4.59 = 22.72 \text{ квар}$$

$$S_{\text{ВН}} = \sqrt{P_{\text{ВН}}^2 + Q_{\text{ВН}}^2} = \sqrt{46,545^2 + 22,72^2} = 51.79 \text{ кВА}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Всі отримані значення зведемо до (таблиці 2.2):

Таблиця 2.2. – Електричне навантаження на об'єкт

| Вид електричного навантаження | Розрахункові електричні навантаження | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------|-----------|
| | P , кВт | Q , кВАр | S , кВА |
| Навантаження будівель | 42,175 | 18,13 | 45,9 |
| Втрати в ТП | 1,37 | 4,59 | |
| Шини ВН на ТП | 46,545 | 22,72 | 51,79 |

2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього освітлення

Електроенергія також споживається на потреби внутрішнього освітлення. Освітлення в корпусі здійснюється в основній кількості люмінесцентними лампами, але й присутні лампи розжарювання.

Інформація та перелік світильників зведена у (таблицю 2.3):

Таблиця 2.3 –Освітлювальні прилади навчального корпусу.

| Найменування | Встановлена потужність, кВт | Кількість одиниць обладнання, шт | Загальна встановлена потужність, кВт | Квик | Середня потужність, кВт | Тривалість роботи за місяць, год |
|--|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------|-------------------------|----------------------------------|
| Лампа люмінесцентна T5 FH-28W/840 4000K G5 OSRAM | 0,028 | 2352 | 66 | 1,1 | 72,5 | 100 |
| Лампа люмінесцентна L 18W/640 G13 OSRAM | 0,018 | 150 | 2,7 | 1,1 | 3 | 100 |
| Лампа розжарювання | 0,06 | 574 | 34,5 | 1 | 34,5 | 100 |
| Лампа розжарювання | 0,04 | 210 | 8,5 | 1 | 8,5 | 100 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Проведемо вибірку перевірку відповідності існуючої системи освітлення.
Розрахунок будемо проводити для аудиторії № 216

Геометричні розміри аудиторії:

Довжина 12 м

Ширина 5.2 м

Висота 3.2 м

В якості світильників використовуються люмінесцентні лампи
потужністю 28 Вт (12 шт).

Схема розташування світильників вказана на (рисунку 2.2)

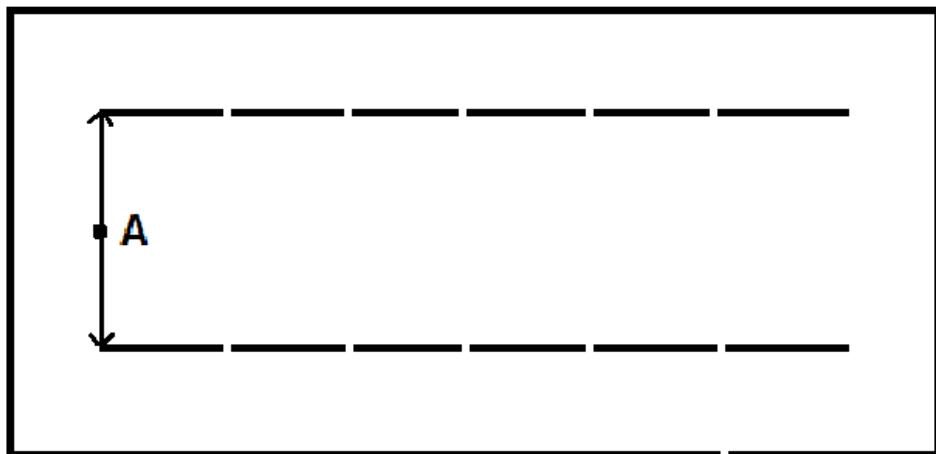


Рисунок 2.2. –Схема розміщення ламп в приміщені

Довжина світлової лінії 10 м

Відстань між світловими лініями –3 м

Відстань від розрахункової точки до світлової лінії –1.5 м

Нормована мінімальна освітленість для даного типу приміщень становить

$$E_{\min}=300 \text{ лм}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Відомо що висота приміщення становить 3.2 м. Прийmemo що відстань від підлоги до розрахункової точки становить 0,8 м, а відстань від стелі до світильника 0,1 м , тоді висота від розрахункової точки до світильника розрахуємо :

$$h = 3,2 - 0.8 - 0.1 = 2,3 \text{ м.}$$

Визначаємо питомий світловий потік з одного метру світової лінії лм/м

$$F' = \frac{1000 \cdot E_{min} K_3 h}{\mu \cdot \sum \varepsilon}$$

Де, K_3 – коефіцієнт запасу , приймається як 1,1–1,5;

$\sum \varepsilon$ – сума відносних освітленостей ,що визначається кривими ізолюкс;

μ – коефіцієнт додаткової освітленості , що враховує дію віддалених світильників;

Вибираємо точку А , в якій необхідно досягти нормованої мінімальної освітленості.

Для визначення фактичної освітленості в точці А необхідно визначити відносну освітленість в даній точці для цього проведемо розрахунок відносних розмірів L' , p' :

$$L' = \frac{L}{h};$$

$$p' = \frac{p}{h};$$

Де , L – довжина світлової лінії ;

p – відповідний розмір ,який залежить від розташування контрольної точки, у нашому випадку :

$$p = \frac{b}{2} = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ м.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Отже:

$$L' = \frac{L}{h} = \frac{10}{2.3} = 4.34;$$

$$p' = \frac{p}{h} = \frac{1.5}{2.3} = 0.65.$$

За допомогою кривих відносних ізолюкс (рисунок 2.3) знаходимо значення відносної освітленості для люмінесцентних ламп для відповідних L' та p' :

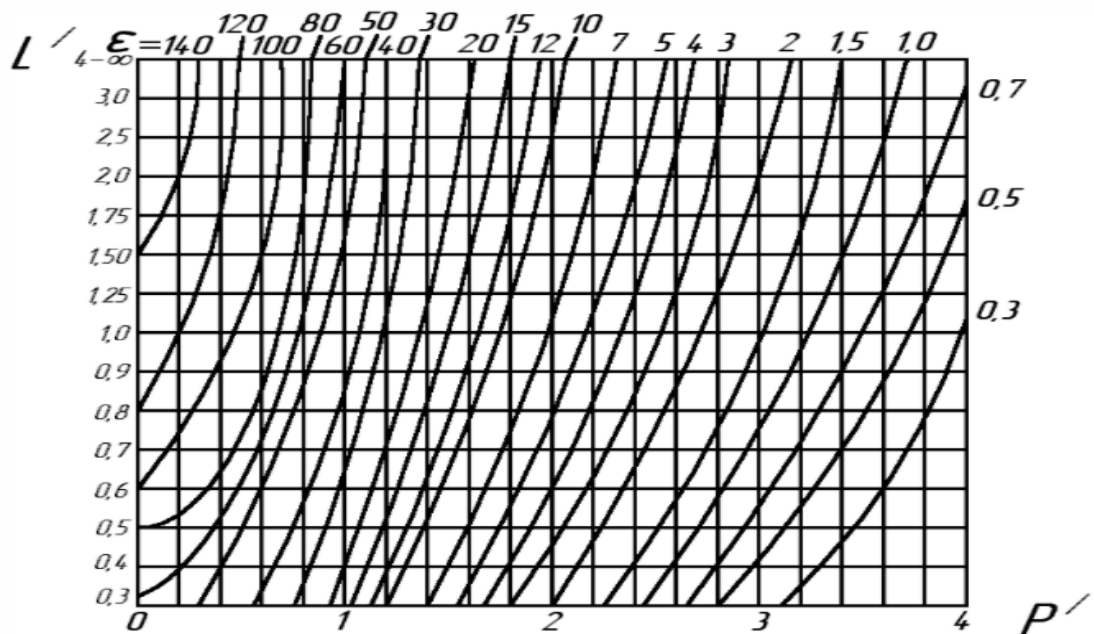


Рисунок 2.3. –Криві відносних ізолюкс

За кривими відносних ізолюкс для значень $L'=4$ та $p'=0,6$

$$E=112 \text{ в.о.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу знаходження світлового потіку*, отримаємо:

$$F = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 1.1 \cdot 2.3}{1.3 \cdot 112 \cdot 2} = 2606.4$$

Знаючи значення питомого світлового потоку ,визначається необхідний світловий потік світильників у кожній лампі:

$$\Phi = F \cdot L = 2606.46 \cdot 10 = 26064.6 \text{ лм.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Беручи до уваги кількість ламп у світильнику та кількість світильників у одній світовій лінії світловий потік однієї лампи повинен складати:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{26064,6}{1 \cdot 6} = 4334,1 \text{ лм.}$$

Фактичний світловий потік лампи має знаходитись в межах від 0,9 до 1,2 ,від розрахункового:

$$2340 > 4334,1 > 3120$$

Отже , як бачимо умова перевірки не виконується ,освітленість не відповідає нормам.

2,5 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії.

Складемо баланс споживання електричної енергії по групах споживачів. За допомогою балансу споживання електричної енергії можна наочно побачити які саме споживачі є найбільш енергоємними. Щоб з огляду на це обрати першочергові заходи з енергоефективності. Розрахуємо баланс споживання електроенергії за грудень 2020 року Споживання електричної енергії розраховується за формулою:

$$W_i = P_{\text{вст}} \cdot n \cdot k_{\text{вик}} \cdot T_{\text{роб}}$$

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

n - кількість, штук;

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

$T_{\text{роб } i}$ - тривалість роботи відповідного обладнання за місяць.

Тривалість роботи обладнання беремо виходячи з режиму роботи навчального корпусу в грудні 2020

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Використовуючи формулу розрахуємо місячне споживання електричної енергії для кожного споживача, результати зведемо до (таблиці 2.4):

Таблиця 2.4– Баланс потужностей

| Найменування споживача електричної енергії | Встановле на потужність, кВт | Кількість одиниць обладнання, шт | Загальна встановле на потужність, кВт | $K_{\text{вик}}$ | Середня потужність, кВт | Тривалість роботи за місяць, год | Споживання електроенергії, кВт·год |
|--|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Освітлення | | | | | | | |
| Лампа люмінесцентна T5 FH-28W/840 4000K G5 OSRAM | 0,028 | 2352 | 66 | 1,1 | 72,5 | 100 | 7250 |
| Лампа люмінесцентна <u>L 18W/640 G13</u> OSRAM | 0,018 | 150 | 2,7 | 1,1 | 3 | 100 | 300 |
| Лампа розжарювання | 0,060 | 574 | 34,5 | 1 | 34,5 | 100 | 3450 |
| Лампа розжарювання | 0,040 | 210 | 8,5 | 1 | 8,5 | 100 | 850 |
| Освітлення Σ | | | | | | | 11850 |
| Побутова техніка | | | | | | | |
| Холодильник | 0,1 | 4 | 0,4 | 0,95 | 0,38 | 740 | 280 |
| Електрочайник | 0,4 | 11 | 4,4 | 1 | 4,4 | 20 | 83,6 |
| Кондиціонер | 1,7 | 15 | 25,5 | 0,80 | 20,4 | 10 | 204 |
| Нагрівач | 1,5 | 11 | 16,5 | 1 | 16,5 | 40 | 658 |
| Мікрохвильова піч | 0,85 | 3 | 2,55 | 0,5 | 1,275 | 10 | 12,75 |
| Побутова техніка Σ | | | | | | | 1240 |
| Офісна техніка | | | | | | | |
| БФУ | 0,3 | 5 | 0,3 | 0,95 | 0,285 | 10 | 2,85 |
| Комп'ютер | 0,1 | 320 | 32 | 0,5 | 16 | 32 | 520 |
| Принтер | 0,1 | 19 | 1,9 | 0,95 | 1,805 | 10 | 18,05 |
| Сканер | 0,4 | 11 | 4,4 | 0,95 | 4,18 | 10 | 41,8 |
| Офісна техніка Σ | | | | | | | 583 |
| Лабор. стенди | 0,3 | 10 | 3 | 0,75 | 2,25 | 10 | 22,5 |
| Силове обладнання | 7 | 20 | 140 | 0,75 | 140 | 15 | 2100 |
| Σ | | | | | | | 15795 |
| Втрати в тр-рі | | | | | | | 1135 |
| Втрати в лініях | | | | | | | 155 |
| Загальне споживання | | | | | | | 16840 |

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|--|--|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

Знайдемо відносне відхилення фактичного і розрахункового споживання електричної енергії за формулою:

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

$$\Delta W = \frac{|15795.5 - 15200|}{15795.5} \cdot 100\% = 3.77\%$$

Отримана похибка пов'язана з неможливістю визначення абсолютно точного часу роботи електроспоживаючого обладнання.

Структурна витратна частина електричного балансу з розподілом за видами споживачів електричної енергії та відсотковим відношенням наведено у (таблиці 2.5):

Таблиця 2.5– Споживання електроенергії по групам споживачів

| Споживач | Спожита енергія кВт*год | Відсоткове співвідношення, % |
|-------------------|-------------------------|------------------------------|
| Освітлення | 11850 | 75,0 |
| Побутова техніка | 1240 | 7,9 |
| Офісна техніка | 583 | 3,7 |
| Лаб.стенди | 22,5 | 0,1 |
| Силове обладнання | 2100 | 13,3 |
| Всього | 15795,5 | 100,0 |

Побудуємо діаграму балансу споживання електричної енергії за грудень 2020 року:



Рисунок 2.4–.Діаграма балансу споживання електричної енергії

Як видно з (рисунка 2.4) найбільша кількість електричної енергії в корпусі витрачається на освітлення ,так як на нього припадає 75% від усієї спожитої електроенергії.

Тому слід приділити увагу цьому фактору при впровадженні заходів, що сприяють енергозбереженню.

2.6 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті

Лічильники індукційні .Облік проводиться щомісячно. Моніторинг споживання електричної енергії відсутній ..Лічильники електричної енергії стоять на вході та на аварійному освітленні.

2.7 Розроблення типових заходів з енергоефективності для споживачів електричної енергії.

2.7.1 Заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи

Пропонується заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи. В корпусі встановлено 784 лампи розжарювання потужністю 40 та 60 Вт.

При збереженні того ж рівня освітлення світлодіодні лампи мають переваги :

- рівне свічення без мерехтіння
- враховані особливості експлуатації в мережах живлення з нестабільною напругою;
- включають додаткові елементи ,що забезпечують захист від різких коливань напруги;
- високостабільні люмінофори забезпечують низький спад світлового потоку протягом терміну експлуатації та високий індекс кольоропередачі.
- висока надійність

Світлодіодна лампа зображена на (рисунок 2.5):



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд світлодіодної лампи

Пропоную замінити лампи ЛР 40 на світлодіодну лампу Foton E27, 220V 4W Edison Bulb. А лампи ЛР 60 на світлодіодну лампу Foton E27, G45, 220V 7W Bulb.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Характеристики ламп розжарювання та світлодіодних ламп [5] зведемо до (таблиці 2.6):

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики ламп

| Тип лампи | Потужність, Вт | Світловий потік , Лм | Вартість , грн | Строк служби , год |
|-------------|-------------------|-------------------------|----------------|-----------------------|
| ЛР 40 | 40 | 400 | 19 грн | 1000 |
| E27,220V 4W | 4 | 400 | 28 | 30000 |
| ЛР 60 | 60 | 700 | 21 | 1000 |
| E27,220V 7W | 7 | 650 | 42 | 30000 |

Капітальні витрати становитимуть:

$$K = 574 \cdot 42 + 210 \cdot 28 + 4000 = 33988 \text{ ,грн}$$

Де , 4000 грн це витрати на монтажні роботи.

Розрахуємо річну економію електричної енергії:

Приблизний час роботи ламп протягом року 840 год.

Споживання електроенергії лампами розжарювання:

$$W_{\text{лр}} = P \cdot T = 840 \cdot (574 \cdot 0,06 + 210 \cdot 0,04) = 35985 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Споживання електроенергії світлодіодними лампами :

$$W_{\text{св}} = P \cdot T = 840 \cdot (574 \cdot 0,007 + 210 \cdot 0,004) = 4080 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річна економія електроенергії складатиме:

$$\Delta W = E_{\text{лр}} - E_{\text{св}} = 35985 - 4080 = 31905 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахуємо економію в грошовому еквіваленті :

$$E = \Delta W \cdot b = 31905 \cdot 2,29 = 73062,45 \text{ грн}$$

,де b – тариф на електроенергію = 2,29 грн/кВт год

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розрахуємо термін окупності :

$$T_{ок} = \frac{33988}{73062.45} = 0.465$$

Термін окупності складатиме 5,5 місяців.

2.8.2 Чистка світильників

Корпус використовує для освітлення 2502 світильників з люмінесцентними лампами. Всі вони не дозволяють отримати максимальну освітленість через запилення. Судячи з зовнішнього стану, всі світильники потребують чистки або заміни. Одним із шляхів енергозбереження може бути своєчасна чистка цих світильників. Згідно з даними Київського науково-дослідницького світлотехнічного інституту, запилені протягом року світильники пропускають на 30% менше світла навіть у відносно чистому середовищі.

Запиленість світильників примушує вмикати одночасно декілька світильників. Регулярна чистка світильників може привести до економії електроенергії на 10-15%. Тому необхідно стежити за станом світильників і своєчасно їх мити.

Економія електроенергії буде складати:

$$\Delta W = 57787 \cdot 0,15 = 8638 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

При тарифі на електроенергію 2,29 грн/кВт·год річна економія витрат складе:

$$E = 8638 \cdot 2,29 = 19781,1 \text{ грн}$$

На оплату чистки світильників та закупівлю витратних матеріалів приймемо суму $B = 5000$ грн.

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{B}{E} = \frac{5000}{19781,1} = 0,25 \text{ року}$$

Термін окупності складатиме 3 місяці

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.8.3 Чистка скла у вікнах

Природне освітлення являється переважним для корпусу. Через забруднену поверхню скла світло гірше проникає всередину приміщення, тобто освітлення доводиться вмикати раніше, ніж при чистих вікнах. Своєчасне миття вікон в приміщенні дозволяє скоротити час роботи освітлювальних приладів в середньому на 5%, тобто зменшити використання електроенергії в середньому на 20 хвилин у день.

В середньому протягом року система освітлення приблизно споживає 140000 кВт·год. Економія енергоносіїв становитиме:

$$\Delta W = 0.05 \cdot 140000 = 7000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

При тарифі на електроенергію 2,29 грн/кВт·год щорічна економія складе:

$$E = 7000 \cdot 2,29 = 16030 \text{ грн}$$

Затрати на додаткову оплату праці співробітників корпусу не враховуємо. Необхідно ввести ці функції до штатного розпорядку.

2.8.4 Заміна моніторів

На даний момент в корпусі знаходиться 320 комп'ютерів з моніторами. Потужність кожного монітора приблизно 100 Вт. Енергозбереження в цьому випадку полягає в заміні таких моніторів на монітори іншого типу, наприклад на TFT-монітори, потужність яких складає 25 Вт.

Розрахуємо річну економію електроенергії

Енергія спожита моніторами за рік:

$$W = 320 \cdot 0.1 \cdot 384 = 12288 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Економія електроенергії буде складати:

$$\Delta W = 320 \cdot (0.1 - 0.025) \cdot 384 = 9216$$

При тарифі на електроенергію 2,29 грн/кВт·год річна економія витрат складатиме:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$E = 9216 \cdot 2,29 = 21104,6 \text{ грн/рік}$$

Витрати на введення в експлуатацію. Вартість одного монітора складає[6]
2000 грн. Вирахуємо затрати на покупку:

$$B = 320 \cdot 1200 = 384000 \text{ грн}$$

Простий термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{B}{E} = \frac{384000}{21104,6} = 18,1 \text{ років}$$

З огляду на термін окупності, даний захід не є ефективним, проте може бути впроваджений за побажанням керівництва.

Всі заходи з енергозбереження зведемо в (таблицю 2.7):

Таблиця 2.7 – Заходи з енергоефективності

| Назва заходу | Витрати на впровадження | Річна економія,кВт год | Річна економія ,грн | Простий термін окупності, років |
|------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Заміна ЛР | 33988 | 31905 | 73062 | 0,45 |
| Чистка люм.ламп | | 8638 | 19781 | |
| Читка вікон | 0 | 7000 | 16030 | |
| Заміна моніторів | 384000 | 9216 | 21104 | 18,1 |

Висновки по розділу 2

Об'єкт має однолінійну схему електропостачання. Електроенергія постачається в навчальний корпус №30 з ТП-5011. На ТП-5011 встановлено два трансформатори ТМ 1000/10 потужністю по 1000 кВА кожний. Споживання електричної енергії на об'єкті розділяється між такими споживачами як освітлення , побутова техніка , офісна техніка, силове обладнання та лабораторні стенди.

Було запропоновано замінити лампи розжарювання на світлодіодні лампи, провести чистку люмінесцентних ламп та вікон, та замінити монітори комп'ютерів на більш нові енергоефективні монітори.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергетичної ефективності в будівлях

В основі нормативних вимог, що регламентує вимоги до енергетичної ефективності будівель, лежать документи [7-15].

Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності це сукупність вимог до огорожувальних конструкцій будівлі, інженерних систем та їх елементів (у тому числі обладнання), дотримання яких забезпечує належні умови життєдіяльності людей у такій будівлі протягом нормативного строку експлуатації при нормативно-допустимому рівні витрат енергії.

Згідно [16] до мінімально допустимого опору теплопередачі (таблиця 3.1)

Таблиця 3.1 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель $R_{q \min}$.

| Ч.ч. | Вид огорожувальної конструкції | Значення $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, для температурної зони | |
|------|---|---|-----|
| | | I | II |
| 1 | Зовнішні стіни | 3,3 | 2,8 |
| 2 | Суміщені покриття | 6,0 | 5,5 |
| 3 | Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу | 4,95 | 4,5 |
| 4 | Горищні перекриття неопалюваних горищ | 4,95 | 4,5 |
| 5 | Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами | 3,75 | 3,3 |
| 6 | Світлопрозорі огорожувальні конструкції | 0,75 | 0,6 |
| 7 | Зовнішні двері | 0,6 | 0,5 |

| | | | | | | | | | |
|-----------|-------|---------------------------|--------|------|--|----------------|-------|---------|--|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Вим | Арк.. | № докум. | Підпис | Дата | Енергетичний аудит системи теплопостачання навчального закладу | Літ | Аркуш | Аркушів | |
| Розроб. | | Олійник Д.В | | | | | | | |
| Перевір. | | Виноградов-Салтиков В. О. | | | | | 39 | 10 | |
| Реценз. | | | | | | ІЕЕ, гр. ОН-71 | | | |
| Н. Контр. | | Прокопенко І.Д. | | | | | | | |
| Затвер. | | | | | | | | | |

3.2 Визначення теплового навантаження будівлі

Огороджувальні конструкції

1. Стіни

Загальна площа стін (без світлопрозорих огорожувальних конструкцій та виступаючих ребер) навчального корпусу складає 2136,6 м², площа даху та площа усіх перекриттів корпусу – 793,9 м².

Стіни будівлі виконані залізобетонними конструкціями, ззовні та всередині вкриті шаром штукатурки. Сумарний термічний опір глухих стін:

$$R_c = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2},$$

де δ_1 - товщина залізобетонних плит, $\delta_1 = 0,3$ м;

λ_1 - теплопровідність залізобетонних конструкцій, $\lambda_1 = 1,51 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

δ_2 - товщина зовнішнього шару штукатурки, $\delta_2 = 0,015$ м;

λ_2 - теплопровідність зовнішньої штукатурки, $\lambda_2 = 0,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;

δ_3 - товщина внутрішнього шару штукатурки, $\delta_3 = 0,005$ м;

λ_3 - теплопровідність внутрішньої штукатурки, $\lambda_3 = 0,85 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;

α_1 - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі, $\alpha_1 = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

α_2 - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі, $\alpha_2 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$$R_c = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{1,51} + \frac{0,015}{0,9} + \frac{0,005}{0,85} + \frac{1}{23} = 0,38 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни визначається за формулою:

$$K_{\text{ст}} = \frac{1}{R_c}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$K_{\text{ст}} = \frac{1}{0,38} = 2,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для стін за [16]:

$$R_c = 3.3 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; R_c < R_{\min}$$

Як бачимо, значення термічного опору не відповідає нормативному значенню, тому потрібно провести утеплення фасаду стін.

2. Вікна

Вікна у будівлі металопластикові. Загальна площа усіх вікон – 598,4 м². Усього в корпусі знаходиться 274 вікна. За проектними даними термічний опір вікон $R_v = 0,70 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$. Коефіцієнт теплопередачі через вікна:

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

Для І зони, значення мінімального термічного опору для вікон за [16]:

$$R_v = 0,75 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; R_v < R_{\min}$$

Робимо висновок що термічний опір не відповідає нормованому.

3. Вхідні двері

Вхідні двері металопластикові. За проектними даними опір теплопередачі дверей $R_d = 0,65 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$. Коефіцієнт теплопередачі через двері:

$$K_d = \frac{1}{0,65} = 1,54 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для дверей:

$$R_d = 0,6 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; R_d > R_{\min}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Робимо висновок, що значення термічного опору входних дверей відповідає нормованому.

4. Підлога

Оскільки дані щодо складу підлоги відсутні, то коефіцієнт теплопередачі підлоги приймаємо $K_{\text{підл.}}=0,75$.

5. Дах

Дах складається з наступних шарів:

- залізобетонні блоки з $\lambda=1,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ товщиною $\delta=0,5 \text{ м}$;
- бетон з заповненням з керамзиту з $\lambda=0,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ товщиною $\delta=0,3 \text{ м}$;
- гідроізоляція (з 2 слоїв руберойду) з $\lambda=0,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ товщиною $\delta=0,05 \text{ м}$;
- вапняно-піщана стяжка з $\lambda=0,82 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ товщиною $\delta=0,003 \text{ м}$;

Опір теплопередачі даху:

$$R_{\text{даху}} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{з/б}}}{\lambda_{\text{з/б}}} + \frac{\delta_{\text{к}}}{\lambda_{\text{к}}} + \frac{\delta_{\text{гідроіз.}}}{\lambda_{\text{гідроіз.}}} + \frac{\delta_{\text{в/п}}}{\lambda_{\text{в/п}}} + \frac{1}{\alpha_2}$$
$$R_{\text{даху}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{1,7} + \frac{0,3}{0,9} + \frac{0,05}{0,18} + \frac{0,003}{0,82} + \frac{1}{12} = 1,049 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для даху за [16]:

$$R_{\text{дах}} = 4,95 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; R_{\text{дах}} < R_{\text{min}}$$

Робимо висновок, що значення термічного опору даху також не відповідає нормованому.

Коефіцієнт теплопередачі стелі:

$$K_{\text{стелі}} = \frac{1}{1,049} = 0,953 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиці 3.2 – Порівняльна таблиця термічного опору

| Огорожа | $R_{\text{існ.}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ | $R_{\text{норм.}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ | Різниця,разів |
|---------|--|---|---------------|
| Стіни | 0,38 | 3,3 | 8,68 |
| Вікна | 0,7 | 0,75 | 1,07 |
| Двері | 0,65 | 0,6 | 0,92 |
| Дах | 1,049 | 4,95 | 4,72 |

Всі розрахунки зведемо в (таблицю 3.3)

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти теплопередачі та площі огорожувальних конструкцій

| Найменування | Позначення | Одиниця виміру | Значення |
|-----------------------------|------------|------------------------|----------|
| Коеф. теплопередачі стін | Кст | Вт/(м ² ·К) | 2,63 |
| Коеф. теплопередачі вікон | Кв | Вт/(м ² ·К) | 2,85 |
| Коеф. теплопередачі дверей | Кдв | Вт/(м ² ·К) | 1,54 |
| Коеф. теплопередачі підлоги | Кпідл | Вт/(м ² ·К) | 0,75 |
| Коеф. теплопередачі даху | Кдаху | Вт/(м ² ·К) | 0,953 |
| Площа зовнішніх стін | Fст | м ² | 2136 |
| Площа вікон | Fв | м ² | 598 |
| Площа зв. дверей | Fдв | м ² | 15 |
| Площа підлоги | Fпідл | м ² | 1205 |
| Площа даху | Fдаху | м ² | 793,9 |
| Опалювальний об'єм будівлі | Voпал | м ³ | 2336,5 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Визначимо втрати теплоти для кожного виду огорожувальних конструкцій:

Значення β для північної стіни становить 10%, для східної та західної – 5%, для південної – 0%. Розрахункова температура внутрішнього повітря становить 18°C, та зовнішнього – -22°C.

Площі стін мають наступні значення :

- площа стіни ПН складає 763 м²
- площа стіни ПД складає 737 м²
- площа стіни СХ складає 327 м²
- площа стіни ЗХ складає 309 м²

Втрати теплоти через зовнішні стіни визначаємо за формулою :

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

Підставимо значення у формулу:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ст}} &= 2,63 \cdot (763 \cdot 1,1 + 737 + (327 + 309) \cdot 1,05) \cdot (18 + 22) \cdot 1 \\ &= 236,079 \text{ кВт} = 0,2029 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} \end{aligned}$$

Визначимо втрати теплоти через вікна за формулою:

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

Загальна площа вікон що виходять на Північ – 196 м², на Південь – 210 м², на Захід – 101 м², на Схід – 89 м²

Підставимо значення у формулу:

$$\begin{aligned} Q_{\text{вік}} &= 2,85 \cdot (196 \cdot 1,1 + 210 + (101 + 89) \cdot 1,05) \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 71,261 \text{ кВт} \\ &= 0,0612 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} \end{aligned}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Визначимо втрати теплоти через зовнішні двері за формулою:

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

Загальна площа дверей які знаходяться на Південній стороні – 14 м², які знаходяться на західній стороні – 5,2.

Підставимо значення у формулу:

$$Q_{\text{дв}} = 1,54 \cdot (14 + 5,2 \cdot 1,05) \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 1,198 \text{ кВт} = 0,00103 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через дах будинку визначаємо за формулою:

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

Загальна площа даху складає 793,9 м². Підставимо значення у формулу:

$$Q_{\text{дах}} = 0,953 \cdot 793,9 \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 30,263 \text{ кВт} = 0,026 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через підлогу визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{під}} = \sum K_{\text{під}} \cdot F_{\text{дах}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})$$

Загальна площа підлоги складає 1205 м². Підставимо значення у формулу:

$$Q_{\text{під}} = 0,45 \cdot 1205 \cdot (18 + 22) = 2,16 \text{ кВт} = 0,00185 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Визначимо загальні втрати тепла через огорожувальні конструкції за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{дах}} + Q_{\text{під}}$$

Підставимо значення у формулу:

$$Q_{\text{заг}} = 0,2029 + 0,0612 + 0,00103 + 0,026 + 0,00185 = 0,293 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Зведемо усі тепловтрати в (таблицю 3.4):

Таблиця 3.4 – Тепловтрати на об'єкті

| Тип тепловтрат | Значення ,кВт |
|---------------------------|---------------|
| Тепловтрати через стіни | 236,079 |
| Тепловтрати через вікна | 71,261 |
| Тепловтрати через двері | 1,198 |
| Тепловтрати через дах | 30,263 |
| Тепловтрати через підлогу | 2,16 |
| Сумарні тепловтрати | 340,759 |

Розрахуємо витрати теплоти на вентиляцію будинку. Так як висота приміщення не більше 3,5 м, тоді розрахунок ведемо за формулою:

$$Q_{\text{вв}} = 0.337 \cdot h \cdot F_{\text{п}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$$

Підставимо значення у формулу:

$$Q_{\text{вв}} = 0,337 \cdot 3,2 \cdot 1205 \cdot (18 + 22) = 51,978 \text{ кВт} = 51978 \text{ Вт}$$

Визначення теплових надходжень до приміщення

Теплові надходження в приміщення залежать від його призначення , місця розташування, кількості людей та сумарної потужності працюючого обладнання і визначаються за формулою [17]:

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{о.п}} + Q_{\text{осв}}$$

,де $Q_{\text{л}}$ – від людей;

$Q_{\text{о.п}}$ – від освітлювальних приладів;

$Q_{\text{осв}}$ – від сонячної радіації крізь скління.

Теплові надходження від людей

Теплові надходження від людей – це теплота, яка надходить до приміщення у вигляді явної $q_{\text{я}}$ – тепловіддача тіла і прихованої $q_{\text{п}}$ – теплота випаровування з поверхні шкіри і вологи що видихається разом з повітрям. Але для розрахунку надходження теплоти від людей враховується тільки явна теплота, тому що тільки вона підвищує температуру приміщення :

$$Q_{\text{л}} = n \cdot q_{\text{я}}$$

, де n – кількість людей які одночасно знаходяться в приміщенні;

$q_{\text{я}}$ – питома кількість явної теплоти , що виділяється однією людиною рівне 108 Вт/люд.

Але жінки виділяють 85% т , а діти 75% теплоти та вологи , які виділяють чоловіки.

Отже , надходження теплоти від людей становить:

$$Q_{\text{л}} = 330 \cdot 108 + 210 \cdot 108 \cdot 0.85 = 54918 \text{ Вт} = 54,918 \text{ кВт}$$

Тепло надходження від освітлювальних приладів

Теплові надходження від освітлювальних приладів визначаються за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{осв}} \cdot k_{\text{осв}} \cdot k_{\text{в.осв}}$$

, де $N_{\text{осв}}$ – сумарна потужність освітлювальних приладів , Вт;

$K_{\text{осв}}$ – коефіцієнт показує яка частина електричної енергії переходить в теплоту що нагріває повітря в приміщенні;

$K_{\text{в.осв}}$ – коефіцієнт використання світильників.

В будівлі освітлення надається люмінесцентними лампами і лампами розжарювання . Коефіцієнт який показує яка частина електроенергії переходить в теплову для люмінесцентних ламп рівний 0,9, а для ламп розжарювання 0.6.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розрахуємо теплонадходження від освітлювальних приладів :

$$Q_{\text{осв}} = 68,7 \cdot 0,9 \cdot 1,1 + 43 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 98,97 \text{ кВт}$$

Тепло надходження від сонячної радіації крізь вікна

Теплові надходження від сонячної радіації крізь вікна протягом опалювального періоду визначаються за формулою:

$$Q_{\text{с}} = \xi_{\text{в}} \cdot \varepsilon_{\text{в}} \frac{F_{\text{пн}} \cdot I_{\text{пн}} + F_{\text{сх}} \cdot I_{\text{сх}} + F_{\text{пд}} \cdot I_{\text{пд}} + F_{\text{зх}} \cdot I_{\text{зх}}}{T_{\text{опал}}}$$

де $\xi_{\text{в}}$, – коефіцієнт, що враховують затінення вікон непрозорими елементами заповнення;

$\varepsilon_{\text{в}}$, – коефіцієнти відносного проникнення сонячної для світлопропускаючих заповнень вікон, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій;

$F_{\text{пн}}, F_{\text{с}}, F_{\text{пд}}, F_{\text{з}}$ – площа світлових прорізів фасадів будинку, м²;

$I_{\text{Г}}$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період на горизонтальну поверхню при дійсних умовах хмарності;

$I_{\text{пн}}, I_{\text{сх}}, I_{\text{пд}}, I_{\text{зх}}$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період (таблиця 3.5), що потрапляє на вертикальні поверхні, при дійсних умовах хмарності;

Таблиця 3.5 – Середня величина сонячної радіації

| Сумарна сонячна радіація за опалювальний період, кВт год/м ² | Поверхня | | | | |
|---|----------|--------|-------|-------|----------|
| | Пн | ПнСх | Сх | ПдСх | горизонт |
| | 68,9 | 82,2 | 126,1 | 201,4 | 243,3 |
| | Пд | ПдЗх | З | ПнЗх | |
| | 244,72 | 206,34 | 133,3 | 81,9 | |

Розрахуємо теплові надходження від сонячної радіації :

$$Q_c = 0,75 \cdot 0,65 \cdot \frac{196 \cdot 68,9 + 210 \cdot 244,72 + 101 \cdot 126,1 + 89 \cdot 133,3}{24 \cdot 182}$$

$$= 9,98 \text{ кВт} = 998 \text{ 832 Вт}$$

Розрахуємо сумарні теплові надходження в навчальному корпусі :

$$Q_{\text{сум}} = 54,918 + 98,97 + 9,98 = 163,868 \text{ кВт} = 163 \text{ 868 Вт}$$

3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огорожувальних конструкцій

3.3.1 Утеплення зовнішніх стін будівлі теплоізоляційним матеріалом

Згідно з [18], мінімально допустиме значення $R_{q \text{ min}}$ опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій та дверей житлових і громадських будинків при проектуванні, що розміщені в I температурній зоні, повинно становити не менше:

- зовнішні стіни – $3.3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

- вікна – $0.75 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

- покриття й перекриття неопалюваних горищ – $4.95 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

Стіни корпусу мають недостатній опір теплопередачі, тому крізь них втрачається значна частина теплової енергії, що надходить від системи опалення.

Пропонуємо накласти теплоізоляцію зовні, оскільки такий спосіб має ряд переваг:

- утеплюється вся поверхня стіни, включаючи вузли прилягання перекриттів;

- попереджує передчасне руйнування стін, що може бути викликане коливаннями температур та атмосферною вологою;

- при накладенні ізоляції всередині виникає необхідність відсувати радіатори, які розміщені біля зовнішньої стіни;

- роботи по утепленню не порушують режиму навчання;

НТУУ 001.7110.072 ПЗ

Арк.

| | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |
|------|------|----------|--------|------|--|

- не відбувається зменшення корисної площі будівлі.

В якості теплової ізоляції використаємо пінополіестерол з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,04$ Вт/(м·К) товщиною $\delta=0,1$ м. Поліестерол прикріплюється до площини стіни, на неї накладається металева сітка з метою подальшого закріплювання на ній шару штукатурки з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,82$ Вт/(м·К) товщиною $\delta=0,005$ м. Конструктивне рішення утеплення зовнішніх стін показано на рисунку 3.1:.

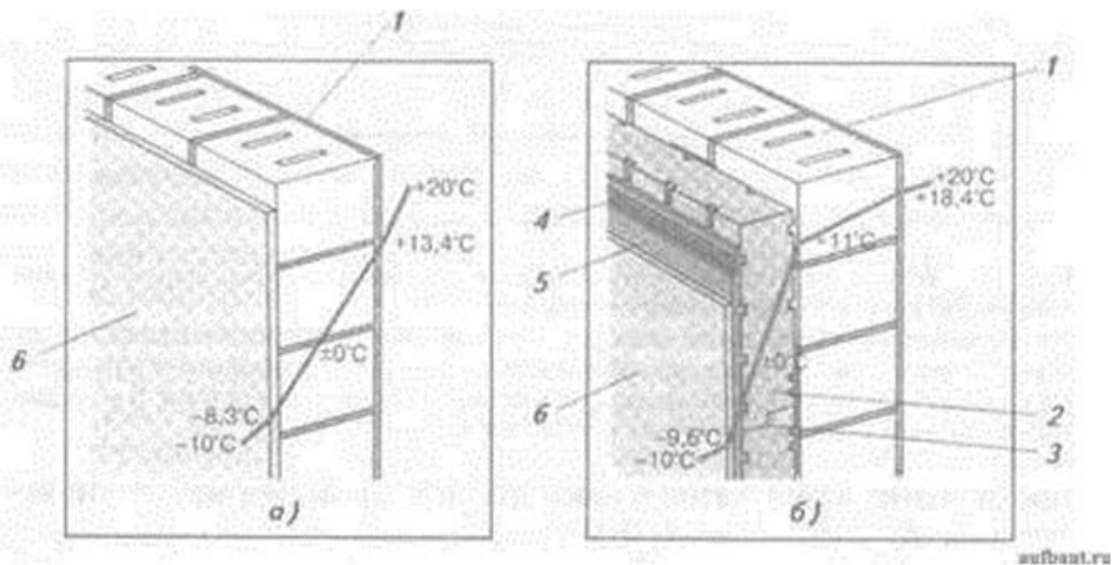


Рисунок 3.1 – Конструктивне рішення утеплення стін

- 1 – зовнішня стіна;
- 2 – теплоізоляційна плита із пінополістиролу;
- 3 – замкові з'єднання сусідніх плит;
- 4 – сітка для нанесення штукатурки;
- 5 – шар штукатурки;
- 6 – шар зовнішньої силікатної фарби.

Розрахуємо опір та коефіцієнт теплопередачі стін після утеплення.

Опір теплопередачі утепленої стіни:

$$R_{ст(ут)} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{1}{\alpha_2};$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | | | | |

$$R_{\text{ст(ут)}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{1,51} + \frac{0,015}{0,9} + \frac{0,005}{0,85} + \frac{1}{23} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{0,005}{0,82} = 2,96 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Коефіцієнт теплопередачі утепленої стіни:

$$K_{\text{ст(ут)}} = \frac{1}{R_{\text{ст(ут)}}}$$

$$K_{\text{ст(ут)}} = \frac{1}{2,96} = 0,338 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Розрахуємо економію теплової енергії за рік за рахунок зменшення теплових втрат через зовнішні стіни.

$$\Delta Q = (K_{\text{ст}} - K_{\text{ст(ут)}}) \cdot \Delta t_{\text{о.п.}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot T_{\text{о.п.}}$$

$$\Delta Q = (2,63 - 0,338) \cdot 22,1 \cdot 2136 \cdot 183 \cdot 24 = 87,5 \cdot 10^6 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 75.2 \text{ Гкал}$$

В грошовому еквіваленті економія теплової енергії становитиме:

$$E = 75.2 \cdot 1631 = 122\,650 \text{ грн/рік}$$

Вартість матеріалів, необхідних для утеплення зовнішніх стін корпусу представимо в (таблиці 3.6)

Таблиця 3.6 – Вартість матеріалів для утеплення стін

| Назва матеріалу | Вартість, грн/ м ² | Площа утеплення, м ² | Загальна вартість, грн |
|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Пінополістирол | 75 | 2136 | 160200 |
| Сітка монтажна | 15 | 2136 | 32040 |
| Штукатурка | 70 | 2316 | 162120 |
| Σ | | | 354360 |

Вартість монтажних робіт приймаємо в розмірі 15% від вартості матеріалів.

Капіталовкладення, необхідні для утеплення зовнішніх стін корпусу:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$B = 354360 \cdot 1,15 = 407500 \text{ грн}$$

Простий строк окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B}{E} = \frac{407\,500}{122\,651} = 3,3 \text{ роки}$$

3.4.2 Встановлення теплової завіси

Через те, що в корпусі навчається велика кількість студентів, входні двері часто знаходяться у відкритому стані, що веде за собою великі втрати тепла в зимовий період. Для вирішення цієї проблеми пропонується встановити теплову завісу над входними дверима.

Завіса являє собою навісний вентилятор обігрітого або холодного повітря, який створює високошвидкісний прозорий повітряний бар'єр і дозволяє тримати двері відчиненими впродовж тривалого часу.

Завіси, звичайно, встановлюються над дверима й створюють потік повітря, спрямований униз. Правильно підібрана завіса дозволяє навіть узимку тримати двері постійно відкриті й при цьому підтримувати усередині приміщення комфортну температуру без додаткових енерговитрат.

Річні втрати крізь входні двері, що постійно відкриваються, знаходимо за формулою:

$$Q_{\text{вт}} = K_{\text{дв(відкр)}} \cdot F_{\text{дв}} \cdot \Delta t_{\text{о.п.}} \cdot T_{\text{о.п.}}$$

$$Q_{\text{вт}} = 25 \cdot 15 \cdot 22,1 \cdot 183 \cdot 4 = 5,2 \cdot 10^6 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 4,4 \text{ Гкал}$$

Річні втрати крізь входні двері за наявності теплової завіси:

$$Q_{\text{вт(завіса)}} = 4,4 \cdot 0,1 = 0,44 \text{ Гкал}$$

Розрахуємо економію теплової енергії за рахунок встановлення теплової завіси (в грошовому еквіваленті):

$$\Delta E = \Delta Q \cdot \text{Тариф} = (4,4 - 0,44) \cdot 1\,631 = 6460 \text{ грн}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Пропонується встановити теплову завісу «АНТАРЕС» серії «Універсал-ПРО». Електрична потужність завіси складає 2 кВт. Вартість такої теплової завіси складає 10 600 грн. Вартість доставки та монтажних робіт складає 1 800 грн. Конструкція теплової завіси представлена на рис.3.3.

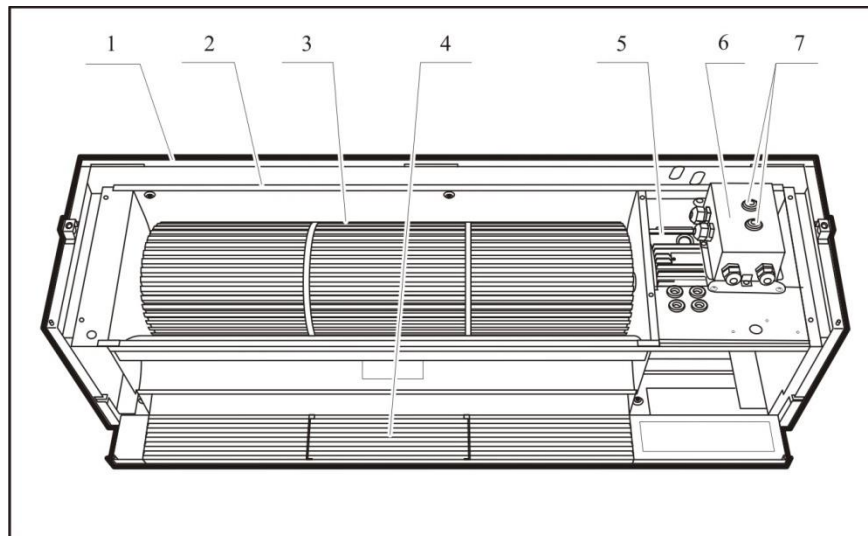


Рисунок 3.2 – Загальний внутрішній вигляд теплової завіси «АНТАРЕС»:

- 1 – кожух;
- 2 – корпус вентилятора;
- 3 – робоче колесо;
- 4 – решітка вихідна;
- 5 – електродвигун;
- 6 – блок пусковий;
- 7 – кнопка повернення електротеплового струмового реле.

Річні витрати на експлуатацію теплової завіси протягом опалювального періоду складатимуть:

$$B_{\text{експл}} = 2 \cdot 1,4 \cdot 183 \cdot 5 = 2\,560 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок простого терміну окупності представимо у вигляді (таблиці 3.7)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.7 – Розрахунок терміну окупності теплової завіси

| Рік | Капіталовкл. грн | Річні експл. витрати, грн | Річна економія, грн | Грошовий потік, грн | Кумулятивний грошовий потік, грн |
|-----|---------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------|--|
| 0 | 400 | 0 | 0 | (12 400) | (12 400) |
| 1 | 0 | 2 560 | 6 460 | 3 900 | (8500) |
| 2 | 0 | 2 560 | 6 460 | 3 900 | (4600) |
| 3 | 0 | 2 560 | 6 460 | 3 900 | (700) |
| 4 | 0 | 2 560 | 6 460 | 3900 | 3200 |

Простий строк окупності складає приблизно 3 роки 3 місяці.

3.5 Розроблення типових заходів з енергозбереження для інженерних мереж

Слід зазначити, що в корпусі відсутній тепловий пункт, тобто відсутня можливість регулювання як кількісної, так і якісної витрати теплоносія в системі опалення. Оскільки тепла енергія споживається лише на опалення корпусу, то представлені нижче пропозиції щодо підвищення рівня енергоефективності з точки зору споживання теплової енергії мають сенс лише при наявності теплового пункту. Тому наполегливо рекомендується, при наявності коштів, встановити такий тепловий пункт. Прикладом може слугувати вже існуючий тепловий пункт, що розташований у навчальному корпусі №22 НТУУ «КПІ».

3.5.1 Встановлення термостатичних вентилів для регулювання продуктивністю системи опалення

При обстеженні теплового режиму роботи будівлі встановлено, що під час роботи системи опалення при не самих низьких температурах зовнішнього повітря температура всередині приміщень значно перевищує необхідну, і часто для регулювання температури відчиняється вікна. Внаслідок цього різко зростають втрати тепла.

Опис можливостей з енергозбереження:

Основним елементом індивідуального автоматичного регулювання тепло

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

споживання є радіаторний термостатичний клапан (ВРТ), що забезпечує раціональний економічний режим споживання теплової енергії безпосередньо на рівні конкретного опалювального приладу. На відміну від звичайного клапана ВРТ автоматично регулює витрату теплоносія через радіатор системи опалення, підтримуючи задану температуру повітря в приміщенні і знижуючи витрату теплоти від 15% до 30% за рахунок теплоти людей, що знаходяться в приміщенні, устаткування й інших джерел.

ВРТ складається з двох основних частин - клапана і термостатичної голівки. Клапан чи збільшує зменшує подачу гарячої води в радіатор під впливом поршня, положення якого регулюється термостатичною голівкою. У середині її розташований сильфон, заповнений спеціальним газом, що змінює свій об'єм у залежності від температури повітря біля термостатичної голівки. Вибір бажаної температури виробляється поворотом голівки у визначену позицію.

В будівлі пропонується встановити ВРТ виробництва Danfoss (рисунок 3.3)



Рисунок 3.3 – зовнішній вигляд ВРТ

ВРТ виготовлені з урахуванням конструктивних особливостей вітчизняних систем опалення і нормативних вимог по якості мережної води;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Деталі вентиля (клапан і сідло клапана) виконані з корозіюностойких матеріалів (углепластика), що виключає відкладення солей і інших домішок, що знаходяться в теплоносії й істотно поліпшує роботу ВРТ і системи в цілому;

Вартість ВРТ Danfoss складає 500 грн., що значно нижче вартості аналогічної продукції інших фірм;

Розраховуємо економію від застосування ВРТ. Згідно статистичних даних, ВРТ дозволяють зекономити близько 10 % теплової енергії. Витрати тепла за 2020 рік становлять 328,9 Гкал.

Річна економія теплової енергії складе:

$$\Delta Q = 0.1 \cdot 328.9 = 32.89 \text{ Гкал}$$

При тарифі на теплову енергію 1631 грн/Гкал річна економія витрат складе:

$$E = 32,89 \cdot 1631 = 53643,5 \text{ грн}$$

Вартість одного ВРТ складає 500 грн., вартість встановлення складає разом 250 грн. Кількість опалювальних приладів (радіаторів) у будівлі становить 180 одиниці. Тоді вартість впровадження заходу

$$E = 180 \cdot (500 + 250) = 135000 \text{ грн}$$

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B}{E} = \frac{135000}{53643,5} = 2,5 \text{ роки}$$

3.5.2 Встановлення рефлекторів за радіаторами

Радіатори розміщені за стіною, тому частина теплоти йде на нагрівання самої стіни, а не повітря в приміщенні, внаслідок чого втрачається значна кількість теплоти

Встановлення рефлекторів за опалювальними приладами дозволить

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

зменшити втрати радіаційної складової теплової енергії випромінюваної радіаторами. За різними оцінками економія теплової енергії при цьому буде 2-5% від енергії яка іде на опалення. Для подальшого аналізу приймається 2%.

В корпусі всього 180 радіаторів розмірами 1200×600 мм. Встановимо рефлектори, що виготовлені з газонаповненого пінополіетилену з світло відбиваючою фольгою на клеючій основі товщиною 3 мм, що дозволить покращити комфортні умови в приміщеннях за рахунок зменшення втрат тепла через стіни будівель та покращення умов радіації тепла в приміщеннях.

Виглядатиме це так:



Рисунок 3.4 – Встановлений рефлектор за радіатором

Визначимо необхідну площу рефлекторів для 180 радіаторів:

$$F_{\text{реф}} = 180 \cdot (1,2 \cdot 0,6) = 130 \text{ м}^2.$$

Розрахуємо економію втрат тепла для 2020 року з річним споживанням тепла 328,9 Гкал/рік:

$$\Delta Q = 0.02 \cdot Q_{\text{рік}}$$

$$\Delta Q = 0.02 \cdot 328.9 = 3.5 \text{ Гкал/рік}$$

Розрахунок річної економії витрат:

$$E = 3.5 \cdot 1631 = 5700 \text{ грн/рік}$$

Ціна 1м² з газонаповненого пінополіетилену з світло відбиваючою фольгою на клеючій основі, складає 50 грн. Витрати на встановлення рефлекторів

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

становитимуть 15 грн/м. Тоді загальні витрати по впровадженню заходу дорівнюють:

$$B = 130 \cdot (50 + 15) = 8450 \text{ грн}$$

Термін окупності за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{8450}{5700} = 1,5 \text{ роки.}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{8450}{5700} = 1.5 \text{ роки}$$

Зведемо всі заходи з енергоефективності теплової енергії в таблицю 3.8 :

Таблиця 3.8 – Зведена таблиця рекомендованих енергоефективних заходів

| з/п | ЕЕ Заходи | Інвестиції | Економія, Гкал | Економія, грн | Простий термін окупності, рік |
|-----|---------------------------------|------------|-------------------|---------------|-------------------------------------|
| | Утеплення фасадів стін | 407500 | 75,2 | 122650 | 3,3 |
| | Встановлення теплової завіси | 12400 | 3,96 | 6450 | 3,4 |
| | Встановлення ВРТ | 135000 | 32,89 | 53643 | 2,5 |
| | Встановлення рефлекторів | 8450 | 3,5 | 5700 | 1,5 |
| | Разом: | 563 350 | 115,55 | 188 443 | 3 |

3.5 Рівень енергоспоживання після реалізації заходів

Після реалізації енергозберігаючих заходів буде досягнута значна економія енергетичних ресурсів , і як наслідок економія коштів . Додатковим позитивним наслідком буде покращення умов перебування людей у приміщеннях , цьому буде сприяти нормалізована температура повітря , та краще освітлення . Споживання до та після заходів зведемо до (таблиці 3.5)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.5 – Споживання до та після реалізації заходів

| | Споживання до заходів | Економія | Споживан ня після заходів |
|--------------------|--------------------------|----------|---------------------------------|
| Електрична енергія | 187 932 | 56 759 | 131 173 |
| Теплова енергія | 240 | 115,4 | 124,6 |

Зведемо аналогічну таблицю в грошовому еквіваленті:

Таблиця 3.6– Споживання до та після реалізації заходів , грн

| | Плата до заходів | Економія | Плата після заходів |
|--------------------|---------------------|----------|------------------------|
| Електрична енергія | 399 433 | 188 443 | 210 990 |
| Теплова енергія | 341 307 | 129 977 | 211 330 |

Висновки до розділу 3

Після аналізу огорожувальних конструкцій та інженерних систем навчального закладу було пораховано теплове споживання та навантаження будівлі. Звідси було запропоновано декілька заходів з підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій, а саме : Утеплення стін фасаду, установка теплової завіси. Та декілька заходів для інженерних мереж , але для цього керівництву закладу потрібно встановити тепlopункт, а саме: встановлення термостатичних вентилів для регулювання системи опалення та встановлення рефлекторів за радіаторами. Ці заходи приведуть до значної економії теплової енергії.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

4.1 Обґрунтування вигоди застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії на об'єкті.

З метою отримання прибутку пропонується встановити на даху корпусу сонячну станцію, що генеруватиме електричну енергію для подальшого продажу її в мережу.

Отже, проведемо розрахунок встановлення сонячних панелей для даного об'єкту:

Середнє значення сонячної інсоляції для міста Києва впродовж року 3.1 кВт/м² за світловий день.

Середня тривалість світлового дня 12 годин 15 хвилин.

Розрахуємо середнє значення інсоляції впродовж року, за годину за формулою:

$$P_i = \frac{P}{t} = \frac{3.1}{12.25} = 0.253 \text{ кВт/м}^2$$

Для побудови сонячної електростанції ми обрали сонячну панель [19] АХІОМА АХР144-9-156-345Р 9ВВ. Сонячна панель має потужність 280 Вт, тип фотоелемента - полікристал (собівартість виготовлення нижче і як наслідок більш швидка окупність). ККД модуля - 17,72%. Оснащена захисними діодами Шотткі для захисту панелі від можливого затінення. Клас захисту IP67 забезпечує роботу панелі в будь-яких погодних умовах. Кожна панель підпадає під перевірку і заявленим технічним характеристикам і відповідає стандарту

| | | | | | | | | |
|-----------|------------------|----------|--------|------|---|----------------|-------|---------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | | | |
| Вим | Арк.. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | Олійник Д.В | | | | Оцінка можливості застосування вторинних та відновлюваних джерел енергії | Літ | Аркуш | Аркушів |
| Перевір. | Проккопенко | | | | | | 60 | 10 |
| Реценз. | | | | | | ІЕЕ, гр. ОН-71 | | |
| Н. Контр. | Проккопенко І.Д. | | | | | | | |
| Затвер. | | | | | | | | |

РЄ. Технічні характеристики наведені у таблиці 4.1.



Рисунок 4.1 Сонячна панель.

Таблиця 4.1 Характеристики сонячної панелі

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| Страна производитель | Китай |
| Тип кремния | Поликристалл |
| Класс фотомодуля | "А" |
| Мах. мощность, (Вт) | 280 |
| Напряжение при макс. мощности, (В) | 31,8 |
| Ток при макс. мощности, (А) | 8,82 |
| Ток к.з. (А) | 9,36 |
| Напряжение х.х. (В) | 38,6 |
| Рама | Анодированный алюминий |
| Размеры, (мм) | 1650x992x35 |
| Вес, (кг) | 18.0 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розрахуємо площу однієї панелі :

$$S = a \cdot b = 2 \cdot 0.992 = 1.984 \text{ м}^2$$

Де, а довжина однієї панелі, b ширина однієї панелі.

Схема розміщення панелей на даху наведена на рисунку 4.2:



Рисунок 4.2 Схема розміщення панелей на даху корпусу.

Загальна кількість сонячних панелей 107 штук.

Підставимо значення загальної кількості сонячних панелей у формулу для обчислення номінальної потужності СЕС:

$$P = N \cdot P_{пан} = 107 \cdot 0,28 = 29,96 \text{ кВт}$$

Де, N кількість панелей, $P_{пан}$ номінальна потужність однієї панелі.

Оберемо інвертор напруги [20] SOLIS 5G 30KBT потужність 30 кВт. Ціна інвертора 65 000 гривень.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд Інвертора напруги

Визначимо генеровану потужність за годину:

$$P_{\text{год}} = P_{\text{сес}} \cdot \eta_{\text{пан}} \cdot \eta_{\text{інв}} = 29,96 \cdot 0,172 \cdot 0,98 = 5,05 \text{ кВт}$$

Визначимо генеровану потужність за рік :

$$W_{\text{рік}} = P_{\text{год}} \cdot T_{\text{сер}} \cdot N = 5,05 \cdot 12,4 \cdot 365 = 22856 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}$$

Де, $T_{\text{сер}}$ середня тривалість світлового дня, N кількість днів.

Генеровану потужність можна продавати у мережу по « Зеленому тарифі» або покривати частину свого споживання

Розрахуємо прибуток від продажу згенерованої електроенергії:

Розмір зеленого тарифу для мережевих станцій приватних домогосподарств введених в експлуатацію 01.01.2020 становить 407 коп/кВт год.

Вартість згенерованої електричної енергії за рік становить:

$$N = W \cdot C = 22856 \cdot 4,07 = 93\,023 \text{ грн}$$

Де, C ціна по зеленому тарифі, W згенерована потужність.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Оцінімо загальні витрати на встановлення СЕС:

- Вартість Інвертора 65 тис грн;
- Вартість панелей 107 панелей по 2600 грн = 278,2 тис грн
- Витрати на монтаж та введення в експлуатацію (15 %)51 тис грн

Загальна вартість проекту становить 394,2 тис грн.

Отже, порахуємо простий термін окупності :

$$T = \frac{394200}{93023} = 4.2 \text{ роки}$$

Отже термін окупності цього проекту становить 4 роки 3 місяця.

Висновки до розділу 4

Провівши аналіз споживання енергоресурсів було виявлено високе споживання електроенергії. Для економії електроенергії було запропоновано встановлення сонячної електростанції (СЕС) , яка використовує енергію сонця, для генерації електроенергії . Згідно вище приведеним розрахункам цей захід є економічно доцільний, термін окупності становить 4.2 роки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

5.1 Загальна характеристика об'єкту

Заміна ламп розжарювання відбувається у навчальному корпусі №30 НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського .В корпусі знаходяться аудиторії різних розмірів . В середньому в навчальному корпусі в день знаходиться 540 осіб. Корпус за небезпекою ураження електричним струмом належить до категорії: приміщення без підвищеної небезпеки.

Планується заміна 2 типів ламп розжарювання а саме: ЛР 40 і ЛР 60, в кількості 574 та 210 відповідно, на світлодіодні лампи Foton E27,220V 4W та Foton E27,220V 7W.Освітлення повинно бути штучне. За функціональним призначенням загальне. Відповідно норм освітленість приміщень має бути не менше 300 лк [30].Технічні показники сучасних енергозберігаючих освітлювальних систем наведені у таблиці 5.1:

| | | |
|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Назва | Foton E27,220V 4W | Foton E27,220V 7W |
| Тип цоколя | E27 | E27 |
| Габаритні розміри | 45 x 100 | 60 x 110 |
| Термін життя лампи | 30000 год | 30000 год |
| Робоча напруга | 200-240 В | 200-240 В |
| Споживана потужність | 4 Вт | 7 Вт |
| Світловий потік | 400 Лм | 650 Лм |
| Кут світлового потоку | 270 | 270 |

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|----------|--------|------|--|----------------|-------|---------|--|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | | | | |
| Вим | Арк.. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |
| Розроб. | Олійник Д.В | | | | Охорона праці та пожежна безпека при модернізації системи освітлення | Літ | Аркуш | Аркушів | |
| Перевір. | Третьякова Л.Д | | | | | | 65 | 10 | |
| Реценз. | | | | | | ІЕЕ, гр. ОН-71 | | | |
| Н. Контр. | Прокопенко І.Д. | | | | | | | | |
| Затвер. | | | | | | | | | |

Проведемо розрахунок згідно [31]. На підставі характеристики нової системи освітлення і розмірів приміщення визначимо фактичну освітленість у приміщенні. Для цього виходячи з типу та потужності ламп визначаємо світловий потік, який випромінює кожна з них. В нашому випадку $F_{\text{л}}$ дорівнює 650 лм.

Розрахуємо індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{(h_c \cdot (a + b))},$$

де a – довжина приміщення;

b - ширина приміщення;

h_c – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

Перетворивши основне рівняння методу коефіцієнта світлового потоку у формулу, за допомогою якої можна розрахувати освітленість, визначаємо фактичне значення освітленості в приміщенні:

$$E_{\text{ф}} = \frac{F_{\text{л}} \cdot N \cdot n \cdot \eta}{(S \cdot k_z \cdot z)},$$

де $F_{\text{л}}$ – світловий потік лампи, лм; N – кількість світильників, од.; n – кількість ламп в світильнику, од.; η – коефіцієнт використання світлового потоку; S – площа приміщення, м²; k_z – коефіцієнт запасу дорівнює 1,5; z – коефіцієнт нерівномірності дорівнює 1,1.

Порівнюємо фактичне значення освітленості від загального освітлення з нормативним, беручи до уваги, що допускається відхилення фактичного значення від нормативного на $\pm 10\%$, оскільки зменшення освітленості неприпустимо з гігієнічної точки зору, а збільшення - економічно недоцільно. В ході проведення розрахунків, можемо зробити висновок, що у встановлення нових світлодіодних ламп відповідає нормативним документам і нормам.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розрахунок проводився для одного приміщення. План розміщення світильників наведено на (рисунку 5.1)

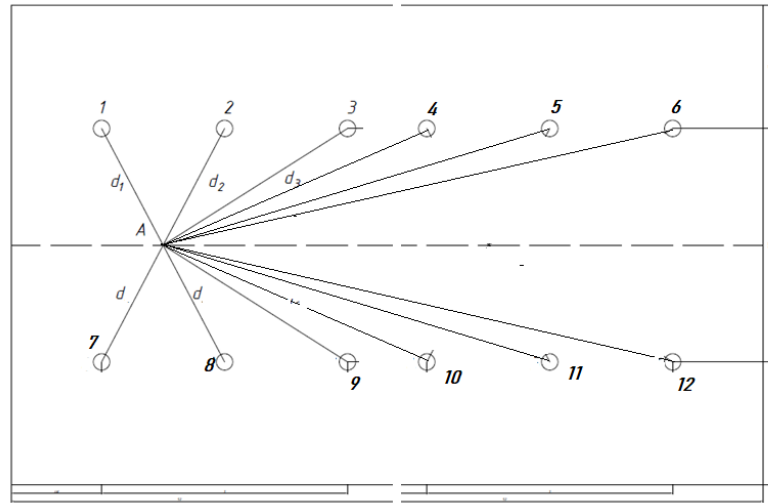


Рисунок 5.1– Розміщення освітлення в кімнаті

Розрахункова потужність освітлювальної установки визначається на підставі світлотехнічного розрахунку після вибору потужності і кількості світильників, тобто відповідно до встановленої потужності світильників.

Для освітлювальних установок з лампами розжарювання розрахункова потужність ($P_{розр}$, кВт) визначається виразом (5.3):

$$P_{розр} = k_n \cdot n \cdot p_{ni} ,$$

де k_n – коефіцієнт попиту, в нашому випадку дорівнює 0,85; p_{ni} – встановлена потужність однієї лампи, Вт; n – кількість ламп.

$$P_{розр} = 0,85 \cdot 574 \cdot 7 = 3415 \text{ Вт} ,$$

Так як навантаження однофазне (освітлення), а для виконання умов симетричності навантаження по фазам адміністративна будівля живиться від трьохфазної лінії, максимальний струм в кожній фазі буде складати:

$$I_{max} = \frac{P_{розр}}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де $P_{розр}$ - розрахункова повна потужність на вводі будівлі, яка була обчислена по формулі (5.3); U_{ϕ} - фазна напруга; $\cos\phi = 0,89$.

$$I_{max} = \frac{3415}{3 \cdot 220 \cdot 0,89} = 5,8 \text{ А}$$

Згідно схеми, що наведена у пункті 2.1, будівля живиться кабелем АВВГ 3×150+1×50. Перевіримо відповідність перерізу лінії максимальному токовому навантаженню і допустимим втратам напруги.

Умова допустимості вибраного перерізу:

$$I_{max} \leq I_{доп}$$

де $I_{доп}$ - допустимий згідно стандартів струм для жили даного перерізу, в даному випадку – 274 А.

$$5,8 \leq 274$$

5.2 Визначення обсягів і послідовності робіт

Для заміни високо розташованої освітлювальної апаратури долучається бригада у складі трьох електромонтерів, при цьому один з робітників повинен мати III кваліфікаційну групу з електробезпеки, вся бригада повинна бути допущена до верхолазних робіт.. Роботи виконуємо протягом 3 днів, у світлу частину доби адже напруга буде знята і освітлення не буде. В корпусі є приміщення де рівень сонячного освітлення низький, для виконання робіт в таких приміщеннях необхідний ліхтарик.

Перед початком роботи, приміщення де будуть проходити монтажні роботи потрібно звільнити від людей. Для демонтажу ламп розжарювання необхідна драбина та пояс з інструментами для зручності роботи. Всі демонтовані лампи необхідно обережно скласти в спеціально призначений контейнер.

5.3 Визначення показників умов праці

Показники умов праці під час виконання вказаних робіт для бригади електромонтерів надані у таблиці 5.2:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 5.2 – Чинники умов праці

| Найменування чинника | Основні характеристики | Числове значення |
|---------------------------------|--|-----------------------|
| Параметри мікроклімату | Температура повітря | 18°C |
| | Вологість | 67 % |
| Важкість праці | Переміщення вантажів Робоче положення | До 10 кг «Стоячи», |
| Напруженість праці | Тривалість зосередженого спостереження | 20% робочого часу |
| | Тривалість активних дій | 60% робочого часу |
| | Змінність | 1 зміна 8 годин |
| | Напруженість зору | 20% робочого часу |
| Чинники електричного походження | Рівень напруги | 220 В |
| | Струм | 4 А |

5.4 Визначення та оцінка небезпечних і шкідливих чинників

Визначимо ступінь небезпечності або шкідливості чинників, які впливають на працівників під час монтажу системи освітлення і зведемо до таблиці 5.3:

Таблиця 5.3 – Чинники шкідливості

| Небезпечні і шкідливі чинники | Фактичне значення | Допустиме значення | Оцінка рівня ризику |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| Напруга | 220 В | 6 В [26] | Катастрофічний |
| Струм | 16 А [25] | 0,6 А [26] | |
| Робота на висоті | 1,8 | 1,3 м | Значний |

5.5 Обґрунтування вибору технічних та організаційних заходів безпеки

До технічних заходів, які необхідно виконувати за для безпеки робітників відносяться:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- вимкнення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергії;
- встановлення знаків безпеки та захисних огорож біля струмовідних частин, що залишаються під напругою і до яких в процесі роботи можливе доторкання або наближення на недопустиму відстань;
- огороження робочого місця та вивішування плакатів безпеки.

Для забезпечення безпеки робіт у діючих електроустановках належить виконувати наступні організаційні заходи:

- – призначення осіб, які відповідають за організацію та проведення робіт;
- – оформлення наряду-допуску на проведення робіт;
- – організація нагляду за проведенням робіт;
- – оформлення закінчення робіт, перерв у роботі, переведення на інші робочі місця.

Для монтажу системи освітлення передбачається такі засоби індивідуального захисту [3] на кожного члена бригади:

- захисний одяг : робочі костюми «Універсал СК»;
- засоби для захисту голови : каски загального призначення для захисту від механічного та електричного впливу JSP MK7 1400-000;
- засоби для захисту рук : рукавички бавовняні TECHNICS ,рукавички шкіряні TECHNICS;
- захисне взуття : взуття MOTION LITE.

5.6 Вибір системи захисту від пожеж і вибухів на енергетичного об'єкту

Заходи і засоби попередження утворення горючого середовища в кожному конкретному випадку визначаються реальними умовами, що розглядаються, та вибухопожежонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що використовуються у технологічному циклі [32].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

У навчальному закладі в правилах пожежної безпеки [33] повинні бути зазначені:

- організаційні заходи, вимоги пожежної безпеки до утримання території, будівель, евакуаційних шляхів і виходів;
- порядок дій у разі виникнення пожежі;
- вимоги до утримання технічних засобів протипожежного захисту
- зміст та порядок навчання з питань пожежної безпеки та ін.

Відповідно, [6] у закладах освіти має бути встановлено системи протипожежного захисту. В документі вказано, які види систем пожежної сигналізації, систем передавання тривожних сповіщень, систем оповіщення про пожежу та управління евакуюванням людей мають бути встановлено в різних типах закладів освіти.

При заміні ламп у навчальному корпусі необхідно дотримуватись наступних правил:

- обережно поводитися з переносними електричними світильниками, електроінструментом. Особливо небезпечно користуватися ними поблизу батарей опалення, водопровідних труб та інших заземлених металоконструкцій, так як при пошкодженні ізоляції електричного приладу або світильника тіло людини, яка торкається металевих конструкцій, виявляється в ланцюзі проходження електричного струму;

- не можна підвішувати освітлювальну арматуру (люстри, абажури, ліхтарі) на проводи під напругою. Освітлювальна арматура повинна підвішуватися на спеціальні пристосування без натягу;

- не торкатися освітлювальної арматури мокрими руками або вологою ганчіркою. При заміні або чищенні ламп їх необхідно відключати;

- не торкатися одночасно корпусів переносних електроприймачів (настільних ламп, торшерів, прасок, пилососів) і заземлених металевих предметів (батарей опалення, водопровідних і газових труб).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Висновки до розділу 5

Для заміни високо розташованої освітлювальної апаратури долучається бригада у складі трьох електромонтерів, при цьому один з робітників повинен мати III кваліфікаційну групу з електробезпеки, вся бригада повинна бути допущена до верхолазних робіт.

До технічних заходів, які необхідно виконувати за для безпеки робітників відносяться:

- вимкнення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергії;
- встановлення знаків безпеки та захисних огорож біля струмовідних частин, що залишаються під напругою і до яких в процесі роботи можливе доторкання або наближення на недопустиму відстань;
- огороження робочого місця та вивішування плакатів безпеки.

Для забезпечення безпеки робіт у діючих електроустановках належить виконувати наступні організаційні заходи:

- – призначення осіб, які відповідають за організацію та проведення робіт;
- – оформлення наряду-допуску на проведення робіт;
- – організація нагляду за проведенням робіт;
- – оформлення закінчення робіт, перерв у роботі, переведення на інші робочі місця.

Для монтажу системи освітлення передбачається такі засоби індивідуального захисту на кожного члена бригади:

- захисний одяг : робочі костюми «Універсал СК»;
- засоби для захисту голови : каски загального призначення для захисту від механічного та електричного впливу JSP MK7 1400-000;
- засоби для захисту рук : рукавички бавовняні TECHNICS ,рукавички шкіряні TECHNICS;
- захисне взуття : взуття MOTION LITE.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Перед допуском до роботи відповідальний повинен перевірити забезпеченість працівників індивідуальним засобами захисту, необхідним обладнанням. Засоби та обладнання повинно бути перевірено на строк чергового випробування.

На працівника діють та можуть діяти такі шкідливі та небезпечні фактори:

- ураження електричним струмом
- робота на висоті

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломного проєкту було проведено енергетичний аудит навчального закладу . З точки зору енергоефективності стан інженерних систем та огорожувальних конструкцій не задовільний.

1) Було побудовано баланс споживання електричної енергії та проведено його аналіз , основним споживачем електричної енергії навчального закладу є застаріла та не енергоефективна система освітлення .Тому було запропоновано замінити лампи розжарювання на світлодіодні енергоефективні лампи, та провести чистку люмінесцентних ламп та вікон.

2) Побудовано баланс споживання теплової енергії та провели його аналіз. Стіни мають значні тепловтрати і не відповідають нормам стосовно мінімального термічного опору . Через те, що в корпусі навчається велика кількість студентів, входні двері часто знаходяться у відкритому стані, що веде за собою великі втрати тепла в зимовий період . В корпусі відсутній власний тепловпункт . З огляду на ці проблеми було запропоновано такі заходи з енергоефективності: утеплення фасаду будівлі , встановлення теплової завіси, встановлення термостатичних вентилів , та встановлення рефлекторів за радіаторами.

3) Було запропоновано використання технології відновлювальної енергетики ,а саме встановлення СЕС . Окупність даного заходу з енергоефективності досить низька , і становить 4.2 роки.

4) Були перераховані необхідні заходи, вимоги до засобів індивідуального захисту виконавців робіт, передбачені можливі небезпеки . Перераховані усі вимоги до керівників навчальних закладів по дотриманню правил пожежної безпеки .

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

- 1) Середньозважені тарифи [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://saee.gov.ua/uk/content/serednozvazheni-taryfy> (дата звернення: 01.06.2021)
- 2) НКРЕКП тарифи на електроенергію [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/?id=60442> (дата звернення: 01.06.2021)
- 3) Верховна рада України [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 04.06.2021)
- 4) ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель. Вид. офіц. Київ: Державні норми України, 2006. 37 с.
- 5) Foton інтернет магазин [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://foton.ua/> (дата звернення: 04.06.2021)
- 6) Rozetka інтернет магазин [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://bt.rozetka.com.ua/samsung-rb29fsrnda/p263334/characteristics/> (дата звернення: 04.06.2021)
- 7) Закон України «Про енергетичну ефективність будівель».
- 8) ДБН В.1.2-11-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.
- 9) ДБН В.2.2-3-97 Будинки та споруди навчальних закладів.
- 10) ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
- 11) ДБН В.2.5-39:2008 Теплові мережі.
- 12) ДБН В.2.6-31-2016 Теплова ізоляція будівель.
- 13) ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування».
- 14) ДСТУ 4065-2001 Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги.
- 15) ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- 16) ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель. Вид. офіц. Київ: Державні норми України, 2006. 37 с.
- 17) ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2010. 130 с.
- 18) ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель. Вид. офіц. Київ: Державні норми України, 2006. 37 с.
- 19) ECO TECH інтернет магазин [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://eco-tech.com.ua/p1276273343> (дата звернення: 05.06.2021)
- 20) SOLAR TECH інтернет магазин [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://solar-tech.com.ua> (дата звернення: 08.06.2021)
- 21) Верховна рада України [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 04.06.2021)
- 22) ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2010. 130 с.
- 23) PVGIS, сонячна інсуляція [електронний ресурс] .– Режим доступу: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP (дата звернення: 04.06.2021)
- 24) Третьякова Л.Д. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування / Литвиненко Г.Є., Третьякова Л.Д. – К.: Лібра, 2008. .
- 25) ДСТУ ISO 16732-1:2018 (ISO 16732-1:2012, IDT) Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Частина 1. Загальні положення). Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2018. 120 с.
- 26) ДСПТО 7136.F.43.22-2015 Державний стандарт професійно-технічної освіти. Вид. офіц. Київ: Міністерство освіти і науки України, Міністерство соціальної політики України, 2015. 126 с.
- 27) ДБН В.1.2-11-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.
- 28) ДБН В.2.2-3-97 Будинки та споруди навчальних закладів.
- 29) ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
- 30) ДБН В.2.5-28-2006. Державні будівельні норми. Природне і штучне освітлення, 74 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- 31) Виробниче освітлення [електронний ресурс] .– Режим доступу:
<http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/11/ПР6-Виробниче-освітлення.pdf>
- 32) Третьякова Л.Д. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування / Литвиненко Г.Є., Третьякова Л.Д. – К.: Лібра, 2008. – 317 с.
- 33) Ткачук К.Н., Зацарний В.В., Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О. Охорона праці і промислова безпека: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2010. 399 с.
- 34) Пожежні заходи в закладах освіти [електронний ресурс] .– Режим доступу:
<https://info.eo.gov.ua>
- 35) ДБН В.2.5-56:2014 СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ
- 36) ДСТУ 4065-2001 Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги.
- 37) ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування».
- 38) Закон України «Про енергетичну ефективність будівель».
- 39) ДБН В.2.2-3-97 Будинки та споруди навчальних закладів.
- 40) ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
- 41) ДСТУ 4065-2001 Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги.
- 42) ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги.
- 43) ДБН В.2.2-3-97 Будинки та споруди навчальних закладів.
- 44) ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
- 45) Вступ до енергетичного менеджменту : навч. посібник / С. Ф. Артюх, О. П. Лазуренко, К. В. Махотіло, Г. І. Черкашина, Ю. А. Веремійчук; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – 200 с. ISBN: 978-617-05-0260-5. URI <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/39011>

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- 46) Вступ до енергетичного менеджменту : навч. посібник / С. Ф. Артюх, О. П. Лазуренко, К. В. Махотіло, Г. І. Черкашина, Ю. А. Веремійчук; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – 200 с. ISBN: 978-617-05-0260-5. URI <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/39011>
- 47) Оцінка ресурсного потенціалу сонячної електроенергетики у Одеській області // Басок Б.І., Веремійчук Ю.А. – К.: «КІМ».- 2019. -250 с. ISBN 978-617-628-081-1

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | НТУУ 001.7110.072 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |