

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Управління енергетичними та економічними процесами

Інтелектуальні системи енергопостачання

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: «Енергетичне обстеження навчального корпусу ДІТ»
за освітньою програмою Енергетичні та електромеханічні системи на
транспорті
зі спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав: студент групи ЕЕ2321:  /Олег МІТРЮХІН/

Керівник:  /доцент Андрій АНТОНОВ /

Нормоконтролер:  / доцент Ірина ПОТАПЧУК/

Засвідчую, що у цій роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2025 рік

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Управління енергетичними та економічними процесами
Кафедра: Інтелектуальні системи енергопостачання
Рівень вищої освіти: Другий (магістерський)
Освітня програма: Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті
Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСЕ

Дмитро БОСИЙ

Дата 01.04.24

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістр з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

студенту МІТРЮХІНУ Олегу Володимировичу

1. Тема роботи: Енергетичне обстеження навчального корпусу ДІТ

Керівник роботи: Антонов Андрій Владиславович, к.т.н., доцент

затверджені наказом від "01" квітня 2024 р. № 247ст

2. Строк подання студентом 17.01.2025 р.
роботи:

3. Вихідні дані до роботи:

Параметри розглядуваного об'єкту

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналіз енергоспоживання ДІТ

4.2 Аналіз сучасних концепцій енергозбереження, рішень з оптимізації енергоспоживання

4.3 Моделювання системи енергоспоживання з додатковими джерелами

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Графік споживання електричної енергії об'єктом. 2. Принципова однолінійна схема системи енергозабезпечення. 3. Аналіз результатів моделювання енергосистеми

Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Актуальний стан справ енергозабезпечення об'єктів бюджетної сфери	20.09.2024	
Аналіз ефективності споживання електроенергії та пошук рішень його оптимізації	10.10.2024	
Потенціал енергозбереження та розробка концепції заміщення електроенергії	07.11.2024	
Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	17.01.2024	
Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	21.01.2024	

Студент

Олег МІТРЮХІН



Керівник роботи

Андрій АНТОНОВ



ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

другого (магістерського) рівня вищої освіти Мітрюхіна О. В. на тему:

«Енергетичне обстеження навчального корпусу ДІТ»

Складова кваліфікаційної роботи	Кількість	Обсяг
Пояснювальна записка	1	71 стор.
Графічна частина (за наявності)	-	-
Демонстраційний матеріал	1	10 слайдів
Електронна частина (за наявності): назва файлу з розширенням	-	-

Керівник:



/

Андрій АНТОНОВ

/

Нормоконтролер:



/

Ірина ПОТАПЧУК

/

Завідувачка факультету ІСЕ:



/

Дмитро БОСИЙ

/

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 71 сторінка, 3 частини, 23 рисунки, 4 таблиці, 19 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – система енергозабезпечення бюджетної установи.

Мета роботи – зміна підходів до енергетичного обстеження та оптимізації енергоспоживання бюджетних установ.

Методи дослідження – математичне моделювання роботи енергосистем, аналіз споживання електроенергії та генерації з відновлюваних джерел, розробка та оптимізація алгоритмів роботи систем накопичення енергії.

Одержані результати – визначено енергетичні параметри об'єкта, проведено аналіз сучасних концепцій енергозабезпечення, розроблено принципову схему системи, що включає сонячну електростанцію. Проведено моделювання енергосистеми при роботі з сонячною електростанцією. Розроблено фінансову модель та підтверджено дієздатність запропонованого підходу.

Ключові слова: ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП	10
1 АКТУАЛЬНИЙ СТАН СПРАВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ’ЄКТІВ БЮДЖЕТНОЇ СФЕРИ.....	12
1.1 Загальні відомості про об’єкт	14
1.2 Основні відомості про об’єкт.....	14
1.3 Результати попередніх енергоаудитів.....	16
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ПОШУК РІШЕНЬ ЙОГО ОПТИМІЗАЦІЇ	19
2.1 Аналіз показників енергоспоживання	21
2.2 Аналіз показників використання електроенергії.....	23
2.3 Аналіз споживання електричної енергії	26
3 ПОТЕНЦІАЛ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ЗАМІЩЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	28
3.1 Використання енергоефективних ламп та секціонування системи освітлення	30
3.1.1 Методика розрахунку зниження витрат системою освітлення.....	38
3.1.2 Розрахунок зниження втрат від установавання системи освітлення сходинок з автоматичним керуванням освітлення.....	42
3.1.3 Розрахунок зниження втрат для системи освітлення кімнат	43
3.1.4 Розрахунок зниження втрат для системи освітлення блоків.....	44

						02.15.EE2321.KPM.2025–ПЗ						
Зм.	Кільк.	Арк	№ док.	Підп.	Дата							
						Енергетичний аудит університету	Літера	Аркуш	Аркушів			
Розробив							П	7	71			
Керівник							МОНУ, УДУНТ, ІСЕ					
Н. контр.							EE2321					
Зав. каф.												

3.1.5 Розрахунок зниження втрат для системи освітлення нетипових приміщень	46
3.2 Встановлення приладів обліку електроенергії.....	47
3.3 Заміна кабелів перевантажених ліній	51
3.4 Вирівнювання навантаження фаз мережі 0,4 кВ	54
3.4.1 Методика розрахунку вирівнювання навантаження	57
3.4.2 Розрахунок зниження втрат від проведення вирівнювання навантаження фаз.....	58
3.5 Установка пристроїв компенсації реактивної потужності	58
3.5.1 Методика розрахунку зниження втрат електроенергії від встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності	60
3.5.2 Розрахунок зниження втрат реактивної енергії від встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності	61
3.6 Потенціал енергоефективності для впроваджуваних заходів	62
3.7 Концепція заміщення електроенергії.....	63
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	70

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ**

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

СЕС – сонячна електростанція

Е – енергоефективність

ЕС – енергозбереження

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

ЕО – енергетична обстановка

ГТЕС – газотурбінна енергосистема

Енергоаудит – комплексна перевірка енергоспоживання

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасних умовах зростання тарифів на електроенергію та питання енергозбереження стає пріоритетним для бюджетних установ, зокрема освітніх закладів, це пов'язано із сукупністю факторів, серед яких певно найбільш важливим є перейняття автократичної системи управління від попередніх поколінь і нездатність бачення нових горизонтів.

Більшість державних установ функціонують на основі застарілих систем електро- та теплопостачання, що призводить до нераціонального використання енергоресурсів.

Звичайно, не все так критично, можна побачити багато прикладів змін, в тому числі завдяки роботі USAID. Але система змінюється повільніше, ніж того вимагають існуючі тренди в країні і світі.

Впровадження відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі чи теплові насоси, дозволяє мінімізувати витрати та забезпечити стабільне енергозабезпечення, навіть в умовах зростаючої вартості енергоспоживання.

Мета роботи. Основна мета дослідження полягає в проведенні енергетичного обстеження верхнього рівня, здійсненні аналізів споживання електроенергії на прикладі закладу вищої освіти, виявити неефективні ділянки та знайти оптимальні рішення для впровадження відновлюваних джерел енергії.

Завдання дослідження:

- Вимірювання енергетичних втрат через застаріле обладнання чи нераціональне споживання.
- Оцінку потенціалу встановлення систем ВДЕ на об'єктах освіти, враховуючи їх технічні та фінансові можливості.
- Надання рекомендацій для економії енергії та визначення пріоритетних заходів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

10

Наукова новизна роботи полягає розробці нового автоматизованого підходу до енергоаудиту з точки зору фінансово обґрунтованих рішень, з впровадженням відновлюваних джерел енергії

Публікації. Подано тези доповідей до друку на VI Міжнародна науково-практична конференція SCIENTIFIC RESEARCH: MODERN CHALLENGES AND FUTURE PROSPECTS, 20-22 January 2025.

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1 АКТУАЛЬНИЙ СТАН СПРАВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ БЮДЖЕТНОЇ СФЕРИ

Загалом, впровадження заходів з енергозбереження одразу дозволяє отримувати ефект. Але здійснення фінансування, ще й в складних умовах війни, створює дуже серйозні виклики. Бюджетні установи постійно стикаються з відсутністю коштів на модернізацію енергосистем.

Технічні бар'єри: Старі будівлі освітніх закладів можуть потребувати значних змін для інтеграції нових технологій.

Недостатній рівень обізнаності: брак знань у керівників установ щодо сучасних можливостей впровадження ВДЕ.

Обслуговування обладнання: відсутність місцевих фахівців, здатних забезпечувати належне технічне обслуговування встановлених систем.

Загальносвітовий тренд у відновлюваній енергетиці вказує шлях, який дозволить ефективно та масштабовано здійснювати заходи із мінімізації електроспоживання, з мінімальними моментальними затратами – досягнути цього можна завдяки встановленню сонячних електростанцій.

Вони дозволяють значно знизити витрати на електроенергію. Наприклад, встановлення сонячних панелей може забезпечити 30-50% потреб бюджетної установи в електроенергії. Але концептуально важливим питанням є правильний підхід до реалізації цієї задачі.

Фактично, він полягає в тому, щоб здійснювати систематичне нарощування встановлених потужностей, паралельно із здійсненням впровадження заходів енергомоніторингу, які вимагають мінімальних вкладень. Відповідно тим самим забезпечувати сталий розвиток власної генерації з пошуком оптимальної встановленої потужності.

Встановлення автоматичних лічильників та систем управління енергоспоживанням дозволяє виявляти зони перевитрат та оптимізувати

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

споживання ресурсів, як результат - досягти максимальної доцільності витрат на нові генеруючі потужності.

Позитивний аспект впровадження ВДЕ полягає і в інтеграції в навчальні програми, що дозволяє головувати затребувані кадри для енергетики.

Перспективи найближчих 5 років показують трикратне збільшення встановленої потужності СЕС за дослідженнями агенції IRENA. Тому цей шлях є безумовно перспективним і доцільним.

Головна перевага впровадження ВДЕ, зокрема СЕС є зменшення витрат на електроенергію дозволяє перенаправити кошти на розвиток освітньої інфраструктури.

Сама ж вартість будівництва СЕС зменшилася в ціні за останні 5 років вдвічі. Питання будівництва СЕС дозволяє не тільки забезпечити заміщення дорогої частки електричної енергії із зовнішньої мережі, а й в комбінації із наприклад когенераційною установкою створити систему, яка може працювати в ізолюваному режимі, що забезпечить споживачі не тільки електричною, а й тепловою енергією. Системний підхід до впровадження ВДЕ, який полягає в розробці ТЕО, проектної документації дозволяє здійснювати залучення державних і грантових коштів для провадження таких рішень.

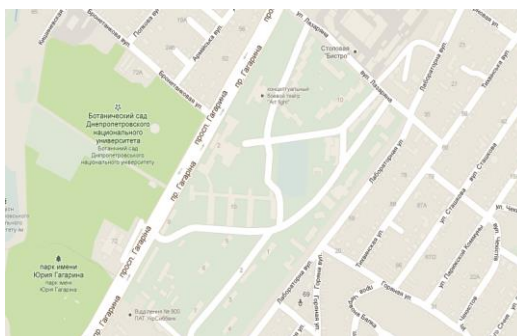


Рисунок 1.1 – Розташування ДІІТу на карті

Розглянемо ситуацію із електроспоживанням на прикладі Українського державного університету науки і технологій, який знаходиться за адресою: м. Дніпро, вул. акад. Лазаряна, 2 (рис. 1.1 та рис. 1.2).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

13

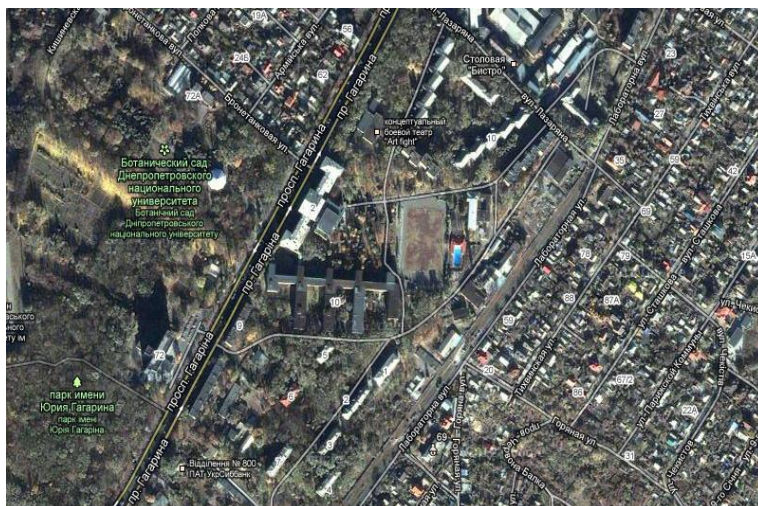


Рисунок 1.2 – Розташування ДПТУ на карті (фото з космосу)

1.1 Загальні відомості про об'єкт

Університет має довгу історію, саме через це на території ДПТУ знаходиться велика кількість різноманітних будівель. На території університету розташовуються: два навчальних корпуси, шість гуртожитків, житлові будинки, дитячий садок, депо, різноманітні лабораторії, їдальня, басейн, два футбольних поля, спортивний комплекс, а також різноманітні складські приміщення, майстерні, гаражні комплекси.

ДПТ отримує електричну енергію від ПАТ «ДТЕК Дніпрообленерго» за основним введенням напругою 35 кВ та резервним – 6 кВ. Приєднана потужність становить 4000 кВА. Дозволена потужність 2860 кВА. Категорія надійності електропостачання – 2. Основні споживачі: навчальні корпуси та лабораторії, житлові будинки, гуртожитки. В профілі споживання електроенергії присутні значні сезонні коливання. Так, в середньому, витрати електроенергії взимку більше в 2,5-3 рази, ніж витрати влітку. Ступінь зношеності основного силового обладнання складає приблизно 80 %.

1.2 Основні відомості про об'єкт

Наявність власної підстанції 35/6 кВ дає можливість отримувати електричну енергію за тарифами 1 класу. Тариф на електричну енергію станом на грудень

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

14

2024 року становить 7,035 грн/ кВт·год без ПДВ. Підстанції університету здійснюють транзит електричної енергії субспоживачам.

При аналізі енергоспоживання необхідно враховувати енергозберігаючі заходи, що постійно впроваджуються під час проведення планових ремонтів приміщень, при оцінці змін річного споживання слід також враховувати природне зростання споживання за рахунок придбання лабораторного обладнання, комп'ютерів та побутових приладів, потужність яких постійно росте. З рис. 1.3 помітно чітко виражену зміну рівня споживання навчального корпусу, яка пов'язана із графіком роботи університету.

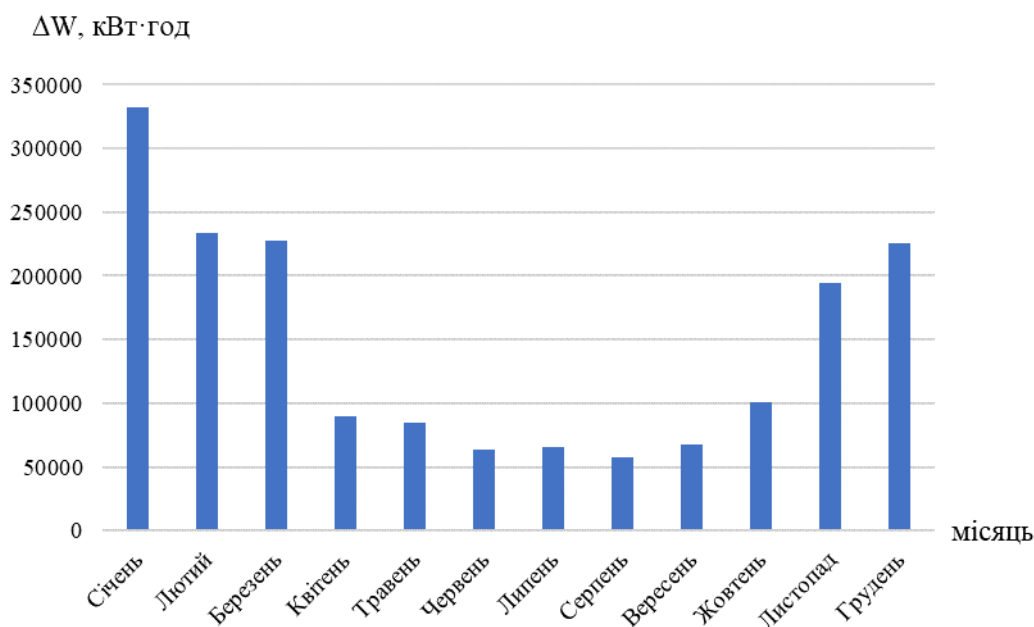


Рисунок 1.3 – Споживання електроенергії університетом по місяцях

В профілі місячних графіків навантаження прослідковуються значні сезонні коливання. Так, в середньому, витрати електроенергії взимку більше в 2,5-3 рази, ніж витрати влітку.

В 2007 році кафедрою «Електропостачання залізниць» був проведений енергетичний аудит ДНУЗТ [7]. По результатам було встановлено, що в університеті існує значний потенціал енергозбереження. При розробці заходів з енергозбереження дуже важливо оцінити потенціал енергозбереження об'єкту.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

При формуванні планів з реалізації заходів щодо підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів типовими проблемами являються:

- Обмеженість фінансових ресурсів для їх здійснення.
- Велика кількість заходів і наявність альтернативних заходів, одночасна реалізація яких неможлива з технічних причин.

В електрогосподарстві університету впроваджені та розробляються усі доступні сучасні технології та заходи зі зменшення витрат електричної енергії та коштів на її оплату. В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв та значної енергоємності основного обладнання першочерговим завданням для університету є підвищення ефективності споживання енергетичних ресурсів.

1.3 Результати попередніх енергоаудитів

Відповідно до типових проблем та стану ефективності споживання електроенергії в університеті, в минулі роки були запропоновані та впроваджені наступні енергоощадні заходи:

- заміна електричних мереж;
- компенсація реактивної потужності;
- заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи;
- вдосконалення автоматизованої системи обліку і контролю електроенергії університету.

Але ситуація кардинально не змінена, в зв'язку із повною незацікавленістю співробітників на місцях впровадження заходів автоматизації, організації енергоощадного споживання. Це є викликом і напрямком роботи в найближчий час.

Однолінійна схема електропостачання університету має наступний вигляд рис. 1.4.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

16

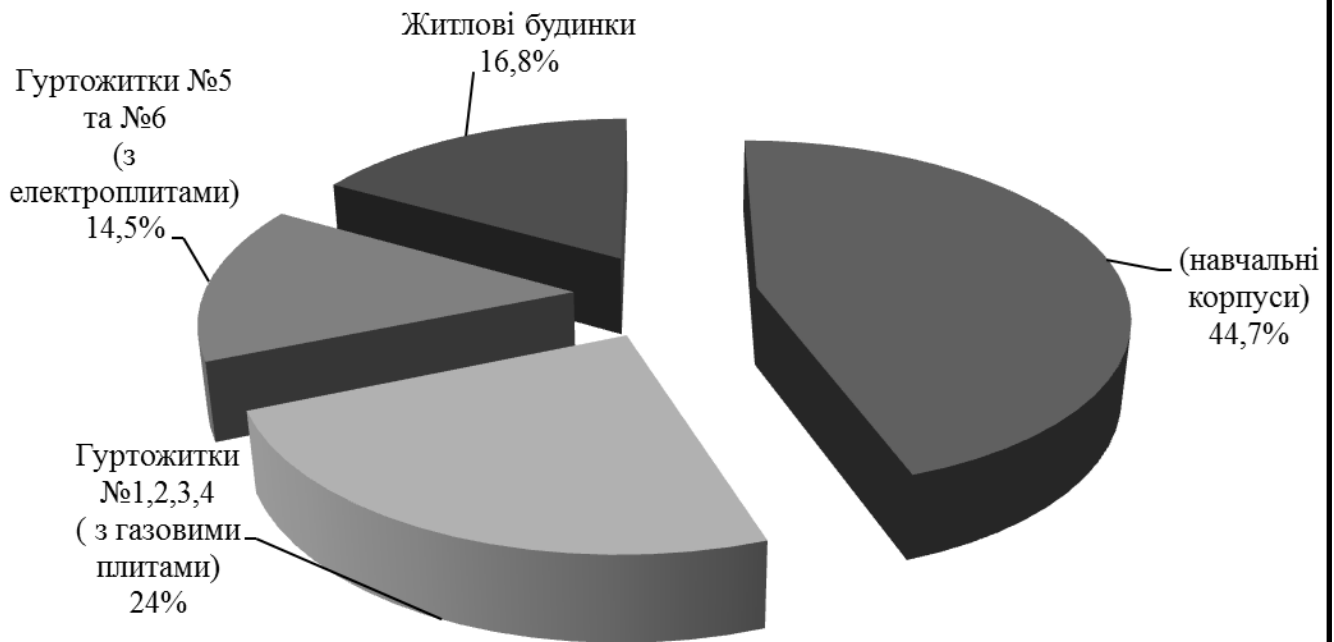


Рисунок 1.5 – Відсоткове співвідношення споживання електроенергії об'єктами університету

Дане поверхнєве обстеження показує значний ресурс зменшення енергоспоживання та заміни дороговартісної електричної енергії із мережі на більш дешеву.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ПОШУК РІШЕНЬ ЙОГО ОПТИМІЗАЦІЇ

Енергетичне обстеження спрямоване на вирішення таких основних завдань:

- оцінка фактичного стану енергоспоживання, виявлення причин виникнення та визначення значень втрат електроенергії;
- розробка плану заходів, спрямованих на зниження втрат електроенергії;
- виявлення та оцінка резервів економії енергії;
- визначення раціональних розмірів енергоспоживання у виробничих процесах та установках;
- визначення вимог до організації з удосконалення обліку та контролю витрат енергоносіїв;

Методологія проведення енергетичного обстеження включає такі рівні енергетичних обстежень:

- попереднє енергетичне обстеження;
- енергетичне обстеження першого рівня - розрахунок енергоспоживання і витрат;
- енергетичне обстеження другого рівня - поглиблене обстеження енергоспоживаючого обладнання та технологічних систем, розрахунок енергетичних потоків і розробка енергозберігаючих заходів.

Попереднє обстеження має мету:

- оцінити необхідність проведення аудиторської перевірки;
- виявлення динаміки зміни частки витрат за 2-3 останніх роки.

Енергетичне обстеження першого рівня має мети:

- визначити структуру енерговитрат і структуру енергоспоживання;
- визначити потенціал енергозбереження;
- виявити ділянки з непродуктивними витратами енергоресурсів, де нераціонально або марнотратно витрачаються енергоресурси;
- розставити пріоритети майбутньої роботи з енергозбереження;
- визначити доцільність проведення поглибленого обстеження.

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Енергетичне обстеження другого рівня має:

- знайти можливості впровадження енергозберігаючих проєктів;
- оцінити їх техніко-економічну ефективність;
- об'єднати в одну систему рекомендації та технічні рішення щодо раціонального енергоспоживання і енергозбереження;

Вся інформація, отримана з документів або шляхом інструментального обстеження, є вихідним матеріалом для аналізу ефективності енерговикористання. Конкретні методи аналізу енергоефективності залежать від виду обладнання та досліджуваного процесу.

Методи аналізу поділяються на фізичні та фінансово-економічні.

Фізичний аналіз оперує з фізичними (натуральними) величинами і має на меті визначення характеристик енерговикористання. Фізичний аналіз, як правило, включає наступне:

- визначається склад об'єктів енерговикористання, за якими буде проводитися аналіз. Об'єктами можуть служити окремі споживачі, системи, технологічні лінії, будівлі, підрозділи чи об'єкт вцілому;

- знаходиться розподілення всієї споживаної об'єктами енергії за окремими видами енергоресурсів та енергоносіїв. Для цього дані по енергоспоживанню наводяться до єдиної системи вимірювання;

- визначаються для кожного об'єкта фактори, що впливають на споживання енергії. Наприклад, для технологічного обладнання таким чинником служить випуск продукції, для систем опалення - зовнішня температура, для систем передачі і перетворення енергії - вихідна корисна енергія і т.д.;

- обчислюється питоме енергоспоживання за окремими видами енергоресурсів та об'єктам, яке є відношенням енергоспоживання до впливових факторів;

- значення питомого споживання порівнюються з базовими цифрами, після чого робиться висновок про ефективність енерговикористання по кожному об'єкту. Базові цифри можуть бути засновані на галузевих нормах, попередніх показниках даного;

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

– визначаються прямі втрати енергії за рахунок витоків енергоносіїв, порушення ізоляції, неправильної експлуатації обладнання, простою, недовантаження і інших виявлених порушень;

– в кінцевому підсумку виявляються найбільш неблагополучні об'єкти з точки зору ефективності енерговикористання.

Фінансово-економічний аналіз проводиться паралельно з фізичним і має на меті надати економічне обґрунтування висновків, отриманим на підставі фізичного аналізу. На цьому етапі обчислюється розподіл витрат на енергоресурси по всіх об'єктах енергоспоживання та видами енергоресурсів. Оцінюються прямі втрати в грошовому вираженні. Фінансово-економічні критерії мають вирішальне значення при аналізі енергозберігаючих рекомендацій і проектів.

2.1 Аналіз показників енергоспоживання

Основним джерелом інформації з електроспоживання є рахунки за енергію, покази лічильників та проектна документація по об'єкту. При цьому слід враховувати як обсяг споживання так і тарифи на вартість спожитої енергії. В разі відсутності лічильників, при енергетичному дослідженні може бути використане спеціальне вимірювальне обладнання.

Таким чином енергоаудитор має:

- збирати дані з лічильників та рахунків за спожиті енергоресурси;
- виконувати поточний аналіз енергоспоживання, що базується на врахуванні визначального параметру;
- здійснювати щорічний аналіз, використовуючи питомі показники.

Споживач повинен збирати покази лічильників не менше як раз на місяць, щоб одержувати ймовірну інформацію про енергоспоживання. Чим більше буде лічильників на найбільш потужних споживачах, наприклад, в їдальнях або вентиляційних установках, тим точнішим буде аналіз.

Поточний аналіз енергоспоживання може складатися як з побудови та аналізу простих графіків на показах лічильників, так і з більш глибокого аналізу з урахуванням погодних умов та інших визначальних факторів.

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Використання питомих показників дає цінну інформацію по споживанню енергії спорудою та надає можливість їх порівняння з показниками інших будівель для оцінки успіхів у підвищенні енергоефективності.

Оцінка споживання енергії надає можливість:

- контролювати споживання енергії за часом і оцінювати вплив будь-яких змін або енергозберігаючих заходів;
- порівнювати споживання зі стандартами та даними аналогічних споруд для оцінки потенціалу енергозбереження.

Добовий графік енергоспоживання

Маючи наприклад, погодинні енергоспоживання, можна побудувати графік енергоспоживання за добу. Зміна рівня споживання в громадських та адміністративних будівлях може визначатися такими причинами: вночі працює тільки чергове освітлення (або ще й електричні нагрівачі накопичувачів енергії); потім починають працювати прибиральниці та інший обслуговуючий персонал; з'являються студенти або інші працівники; починаються заняття або робочий день; вмикається силове та інше обладнання. Подальші зміни обумовлені закінченням занять, вечірнім використанням залів, кабінетів та ін.

Щомісячна оцінка даних

Найпростішим методом моніторингу енергоспоживання є простий запис і графічне зображення щомісячних показів лічильників. Багато корисних настанов щодо споживання енергії можна отримати на цьому простому рівні аналізу.

За результатами аналізу складених графіків енергоспоживання, визначається середній рівень енергоспоживання та відхилення від нього. Необхідно провести аналіз причин відхилень – іноді простий аналіз договору енергопостачання може встановити причину, наприклад, якщо до договору вписані неіснуючі параметри системи енергоспоживання – «зайві» потужності. На цій стадії усуваються прості технічні помилки (наприклад, проектні характеристики об'єкту, вказані в договорі, не відповідають тому, що є насправді). Потім складається діаграма енергоспоживання, на основі якої

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

проводиться типізація об'ємів енергоспоживання за типами споживачів (з урахуванням фактичних, проектних та функціональних характеристик об'єктів та по джерелах фінансування витрат на оплату ресурсів).

Аналіз показників енергії з врахуванням визначального фактору

Важливо брати до уваги вплив усіх факторів, від яких залежить споживання енергії, таких як зміна площі при реконструкції або більший термін користування приміщенням, і т.д. Збільшення періоду експлуатації хоча б на одну годину на день може підвищити вартість спожитої енергії до 10%. Врахування цих факторів допоможе визначити, чи відбулося зниження споживання енергії завдяки підвищенню енергоефективності, або ні.

Аналіз показників якості електроенергії, що також є впливовими факторами на рівень та надійність споживання електричної енергії, передбачає перевірку забезпечення енергопостачальною компанією якості електроенергії, що передається споживачам, підключеним до мережі, а також контроль за дотриманням споживачами, передбачених договором на приєднання, умов по споживанню реактивної потужності, вирівнюванню створюваної ними несиметрії, подавленню вищих гармонік.

2.2 Аналіз показників використання електроенергії

Для об'єктивної оцінки ефективності використання електроенергії необхідно використовувати кількісні показники. Такі показники повинні відображати корисну витрату та втрати енергії, як при здійсненні виробничих процесів, так і в процесі перетворення, передачі та розподілу енергії. Існування таких показників дає можливість аналізувати поточну ефективність енергоспоживання, порівнювати з енергоспоживанням інших вітчизняних та закордонних споруд, контролювати енергетичну ефективність кожного етапу енергоспоживання, наведених у вигляді ступенів енергетичного потоку.

В процесі перетворення відбувається перехід одних видів енергії в інші, або однієї форми (або параметру) енергоносія в іншу. При цьому енергія перетворюваного енергоносія переходить в енергію перетвореного енергоносія за виключенням енергетичних витрат в процесі перетворення. Для оцінки

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

енергетичної ефективності цих процесів повинні існувати показники ефективності перетворення енергії (наприклад, ККД двигуна, питома витрата енергії, тощо). Ці показники характеризують частину перетворюваної енергії, яка зберігається в перетвореній енергії. Їх завдання полягає у встановленні співвідношення між вхідною та вихідною енергією, а також в оцінці втрат при перетворенні.

Подібно до показників перетворення енергії мають існувати також показники, що характеризують ефективність передачі та розподілу енергії. Такі показники можуть бути названі показниками ефективності розподілу енергії. Їх зміст аналогічний показникам ефективності перетворення енергії (наприклад коефіцієнт питомих втрат в мережах, тощо).

Для всіх видів виробничих процесів, де енергія, що споживається, перетворюється в корисну енергію, яка використовується для зміни форми або стану предмету праці, необхідно визначати показники ефективності використання енергії (наприклад, ККД агрегату, питома енергоспоживання, тощо). Показники ефективності використання енергії необхідні для оперативного контролю за раціональністю використання енергії та дотриманням оптимальних параметрів технологічного процесу.

Вирішення питання щодо вибору конкретного показника для оцінки енергетичної ефективності перетворення, розподілу та використання енергії залежить від мети розрахунків. В залежності від цільового призначення всі показники ефективності енергоспоживання можуть бути розподілені на дві групи:

- показники для аналізу енергетичної ефективності окремих етапів процесу перетворення, розподілу та використання енергії;
- показники для техніко-економічного обґрунтування заходів з енергозбереження та планування енергоспоживання.

Також показники ефективності енергоспоживання класифікують за якісною ознакою (тобто за ступенем їх обґрунтованості):

- науково-обґрунтовані показники;

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

– тимчасові показники, що базуються на використанні даних статистичних звітів.

Таким чином, на практиці використовуються всього два види таких показників:

– показники типу коефіцієнт корисної дії (ККД, або коефіцієнт питомих витрат);

– показники питомих витрат енергії.

При визначенні одиниць виміру питомого енергоспоживання доцільно враховувати наступні рекомендації:

– Показник об'єкта, по відношенню до якого встановлюється питома витрата енергії, повинен відповідати одиницям виміру, що використовуються при плануванні та обліку об'ємів роботи.

– Показник об'єкта повинен бути достатньо простим (тобто просто розраховуватись), але, у той же час, найбільш точно відобразити питому енергоємність.

Показники питомого річного енергоспоживання

Питомі значення енергоспоживання розраховуються на одиницю найбільш придатного визначального фактору.

Показник питомого річного енергоспоживання може бути нормалізованим, тобто, скорегованим відносно впливу погодних умов та інших факторів.

Розрахунок питомих показників споживання енергії

– На основі даних рахунків та лічильників визначається річне споживання електроенергії.

– Споживання енергії виражається в кВт·год.

– Визначається загальна кількість спожитої за рік енергії.

– Питомі показники для загального енергоспоживання визначаються діленням відповідних даних річного споживання на кількість місць.

Порівняння зі стандартами

Найпростіший метод порівняння показників енерговикористання це розрахунок питомої вартості енергії по відношенню до визначального фактору.

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Можливі й інші методи, що дають більш точне визначення енергетичних показників по розглянутому об'єкті.

Аналіз економічних показників адміністративної будівлі

З'ясувати дольове споживання електроенергії та витрати на неї, ціну за кВт·год і тариф, складові ціни. При розгляді структур тарифів на електроенергію необхідно врахувати всі фактори: структуру тарифу, диференційовані тарифні ставки, штрафні санкції та інші виплати.

Для оцінки ефективності використання енергії і наглядності наданої інформації можуть бути отримані різні типи питомих витрат:

- середня вартість електроенергії;
- гранична вартість;
- вартість одиниці корисної енергії.

2.3 Аналіз споживання електричної енергії

Якщо розглянути профіль споживання електричної енергії не тільки по місяцях, а з урахуванням розподілу споживання по годинах, можна побачити сталість навантаження, рис. 2.1

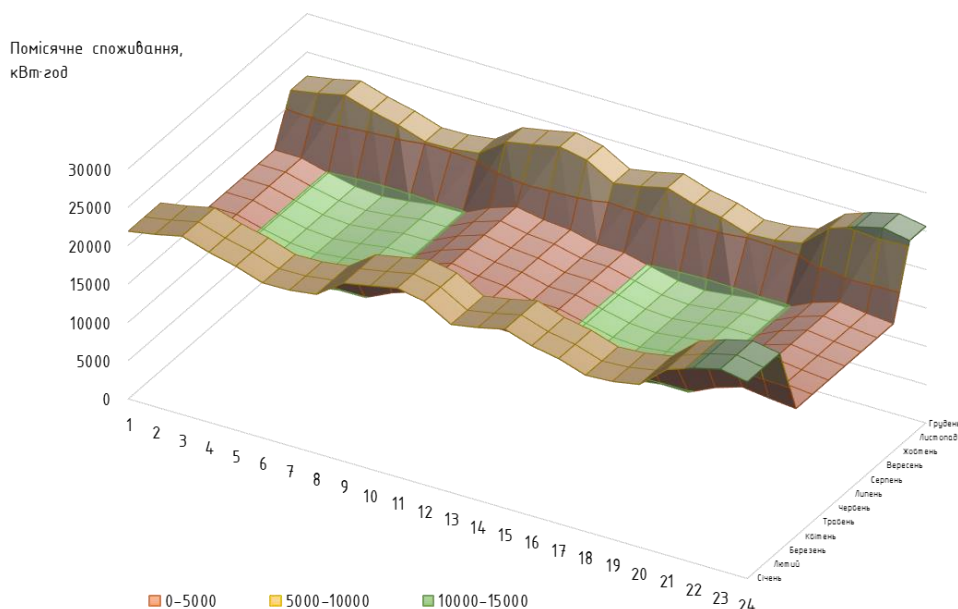


Рисунок 2.1 – Графік споживання електроенергії ДІТ протягом року та годин доби

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

26

Наявна стабільність споживання електричної енергії показує можливість використання ряду заходів, для заміщення дороговартісної електричної енергії із мережі іншими джерелами енергії, такими як газотурбінна установка, когенераційна установка, сонячна електростанція.

Останнє, як показала практика, є найбільш ефективним з точки зору повернення інвестицій і досягнення ефекту одразу після встановлення, хоча і має проблеми із постійністю генерації.

Але не дивлячись на це, заходи мінімізації споживання електричної енергії будуть мати значний вплив на оптимізацію енергопостачання об'єкту як такого і на більш ефективний вибір з точки економіки джерел додаткового живлення.

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

3 ПОТЕНЦІАЛ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ЗАМІЩЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Метою даного етапу є критичний аналіз зібраної на попередніх етапах енергетичного обстеження інформації для того, щоб запропонувати шляхи зниження витрат на енергоресурси і розробити концепцію заміщення електричної енергії.

Існують три основні способи зниження енергоспоживання:

- виключити нераціональне використання;
- усунути втрати;
- підвищити ефективність перетворення.

Після виявлення джерел втрат і ділянок нераціонального використання енергії можна приступати до розробки пропозицій і проектів з поліпшення ситуації. Початковий проект системи може бути не оптимальним. Часто вибирається легке рішення або рішення з низькими капітальними витратами і не беруться в розрахунок експлуатаційні витрати. Необхідно встановити, чи являються енергетичні потоки раціональними по напрямку і по величині.

Енергетичне обстеження будівлі передбачає оцінку потенціалу енергозбереження. Така оцінка можлива при доведенні аналізу енергоспоживання до стадії визначення корисних кінцевих витрат енергії, в освітлювальних системах – по величині освітленості на робочій поверхні;

Енергетичний потенціал електроенергії може бути добутий при перетвореннях її в інші види енергії. Корисну енергію, що при цьому виділяється, супроводжують втрати, значення яких визначається мірою досконалості технологічного процесу. Корисна витрата енергії $W_{\text{кор}}$ для будь-яких процесів, установок, об'єктів виражається через коефіцієнт її корисного використання (к.к.в.) η :

$$W_{\text{кор}} = \eta \cdot W_{\text{зат}} \quad (3.1)$$

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

де $W_{\text{зат}}$ - кількість енергії зовнішнього джерела, підведеної до об'єкту.

Потенціал енергозбереження показує, яку частку втрат енергії (енергоресурсу) можливо скоротити чи корисно використати, якщо виконати відповідні вдосконалення технологічних процесів. Він характеризується співвідношенням коефіцієнту корисного використання енергії існуючого (реального) та перспективного технологічного процесів. У якості останнього можуть бути використані нормативний, еталонний та ідеальний процеси.

Нормативний технологічний процес – це процес, при якому обладнання, його режими, характеристики огорожувальних конструкцій тощо відповідають нормативним, паспортним, проектним даним.

Еталонним варто вважати технологічний процес, що відповідає найліпшим науково-технічним досягненням, що реалізовані в Україні чи у світі. Ідеальним вважається такий процес, в якому застосована теоретично можлива, але практично недосяжна технологія. Співставлення втрат енергії в реальному та перспективному процесах дає оцінку потенціалу енергозбереження.

На практиці це послідовне виконання наступних дій:

– на основі результатів енергетичного обстеження реального процесу або звітних матеріалів на різних етапах технологічного процесу визначаються втрати енергії;

– розраховуються нормативні втрати технологічного процесу;

– на кожному етапі нормативний потенціал енергозбереження визначається по елементним відніманням відповідних значень втрат; він показує частку втрат, які можуть бути скорочені при доведенні технології до рівня проектної (нормативної):

$$\Pi = W_p - W_H \quad (3.2)$$

де Π – нормативний потенціал енергозбереження;

W_p і W_H - втрати в реальному та нормативному процесах.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- переводячи елементи втрат в однорідні іменовані одиниці та сумуючи їх за стовбцями, отримують значення потенціалу енергозбереження за видом енергоносіїв, а по строчках – значення потенціалу за етапами життєвого циклу;
- аналогічно можуть бути визначені елементи втрат та значення потенціалу енергозбереження по відношенню до еталонного та ідеального технологічних процесів.

Потенціал енергозбереження розраховується для наступних енергоефективних заходів:

- використання енергоефективних ламп;
- секціювання систем освітлення;
- встановлення приладів обліку електроенергії;
- заміна кабелів перевантажених ліній;
- вирівнювання навантаження фаз мережі 0,4 кВ;
- установка пристроїв компенсації реактивної потужності;

3.1 Використання енергоефективних ламп та секціонування системи освітлення

Проблема енергозбереження в освітлювальних установках всіх країн світу, не тільки передових, але й тих, що розвиваються, має виняткове значення. При цьому від успіхів у рішенні цієї проблеми багато в чому залежить майбутнє людської цивілізації не тільки у зв'язку з поступовим вичерпуванням паливних копалин, що йдуть на виробництво електроенергії, але й швидко відбувається забруднення навколишнього середовища викидами в атмосферу шкідливих речовин (діоксидів вуглецю й сірки, а також ртуті), утворених в результаті спалювання палива при виробництві електроенергії. У цей час на електричне освітлення доводиться приблизно 13% всієї виробленої електроенергії, значна частина освітлення доводиться на не ефективні лампи розжарювання. Звичайна лампочка розжарювання тільки 10% одержаної енергії випромінює у вигляді

корисного світла, і то не білого, а жовтого, інші 90% витрачаються на нагрівання. Галогенна лампа випромінює у видимому діапазоні до 15% витраченої потужності, але це також не дуже знижує проблему енергозбереження у освітленні, тому необхідно скористатися іншими принципами випромінювання світла.

Енергоефективними можна вважати лампи з меншим, порівняно з лампами розжарювання, споживанням електричної енергії. До них відносяться люмінесцентні, галогенові і світлодіодні лампи.

Люмінесцентна лампа газорозрядне джерело світла, світловий потік якого визначається в основному світінням люмінофорів під впливом ультрафіолетового випромінювання розряду; видиме випромінювання не перевищує декількох відсотків. Люмінесцентні лампи широко застосовуються для загального освітлення, при цьому їхня світлова віддача й термін служби в кілька разів довше, ніж у ламп розжарювання того ж призначення. Середня тривалість горіння люмінесцентних ламп не менш 12000 годин. Світловий потік кожної лампи після 70% середньої тривалості горіння повинен бути не менш 70% номінального світлового потоку. Люмінесцентні лампи розраховані для нормальної роботи при температурі навколишнього повітря +15...+40 °С. Тривалість роботи лампи тим більше, чим менша кількість разів вона включається, тобто чим менше зношується оксидний шар електродів.

Довгий час широке використання стандартних люмінесцентних ламп було обмежено через власні габаритні розміри. Розробка компактних люмінесцентних ламп (рис. 3.1) стала можлива тільки в результаті створення високостабільних вузькополосних люмінофорів, активованих рідкоземельними матеріалами, які можуть працювати при більш високих поверхнево щільних опроміненнях, ніж у стандартних люмінесцентних лампах. За рахунок цього вдалося значно зменшити діаметр розрядної трубки. Що стосується скорочення габаритів ламп у довжину, то це завдання було вирішено шляхом поділу трубок на кілька більше коротких ділянок, розташованих паралельно й з'єднаних між собою або вигнутими ділянками трубки, або увареними скляними патрубками.

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31



Рисунок 3.1 – Компактні люмінесцентні лампи з цоколем

Галогенові лампи (рис. 3.2) виробляють більшу кількість світла, в зрівнянні з лампами розжарювання, по причині високої температури нитки розжарювання. Ультрафіолетове випромінювання при цьому зменшено, що зводить ризик вицвітання об'єктів освітлення до нуля. У разі необхідності можлива зміна світлового потоку лампи (димерування). Новим напрямком розвитку ламп є IRC-галогенні лампи (скорочення IRC позначає «інфрачервоне покриття»). На колби таких ламп наноситься спеціальне покриття, яке пропускає видиме світло, але затримує інфрачервоне (теплове) випромінювання і відображає його назад, до спіралі. За рахунок цього зменшуються втрати тепла і, як наслідок, збільшується ефективність лампи. Галогенні лампи дуже чутливі до жирових забруднень, тому не можна торкатися їх внутрішньої колби навіть чисто вимитими руками. Зважаючи на високу температуру колби будь-які забруднення поверхні (наприклад, відбитки пальців) швидко згорають в процесі роботи, залишаючи почорніння. Це веде до локальних підвищень температури колби, які можуть послужити причиною її руйнування (тому, через високу температуру, колби виготовляються з кварцового скла). При їх встановленні необхідно тримати колбу лампи чистою серветкою (або чистими рукавичками), а при випадковому торканні ретельно протерти колбу тканиною, яка не залишає волокон (наприклад, мікрофіброю) зі спиртом.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

32

Галогенні лампи дуже чутливі до жирових забруднень, зважаючи на високу температуру колби будь-які забруднення поверхні швидко згоряють в процесі роботи, залишаючи почорніння. Це веде до локальних підвищень температури колби, які можуть послужити причиною її руйнування. Споживання енергії знижується до 45%, а час життя подвоюється (порівняно зі звичайною галогенною лампою). IRC-галогенні лампи мають світлову віддачу 18-35 лм / Вт.



Рисунок 3.2 – Галогенні лампи різних типів

Світлодіодна лампа (рис. 3.3) - джерело світла з використанням над'яскравих світлодіодів. Світлова віддача світлодіодних систем освітлення досягає 120 лм / Вт. При оптимальній схемотехніці джерел живлення та застосуванні якісних компонентів, середній термін служби світлодіодних систем освітлення може бути доведений до 100 тисяч годин, що в 50-200 разів більше порівняно з масовими лампами розжарювання і в 4-16 разів більше, ніж у більшості люмінесцентних ламп. Завдяки своїм перевагам щодо інших типів ламп, світлодіодні лампи є одним з найперспективніших напрямів в сучасній світлотехніці

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 3.3 – Світлодіодні лампи різних типів

Оснoву світлодіода становить штучний напівпровідниковий кристалик розміром $0,3 \times 0,3$ мм, у якому реалізовано р-п-перехід. Кольори світіння залежать від матеріалу кристалика. Так, червоні й жовті світлодіоди, як правило, виготовляють на основі арсеніду галію, зеленій синій – на галійнітрідній основі. Посилення світіння досягають різними засобами. В одних випадках до складу кристалика вводять спеціальні добавки й присадки, у інших – застосовують багат шарові структури, що дозволяє реалізувати в одному кристалику відразу кілька р-п-переходів, збільшивши тим самим яскравість його світіння. Кристалик "саджають" у металеву поліровану чашечку (мідну або алюмінієву), що є відбивачем і "катодом" (-). До самого кристалика "приварюють" золоту нитку "анод" (+). Потім всю конструкцію заливають прозорим компаундом, якому надають певну форму. Від неї залежить кут випромінювання світла, що випускає кристалик. Якщо верх колби плоский, світло виходить широким пучком (кут становить $120 - 130^\circ$). Якщо верх опуклий, виходить лінза, що збирає світло в більш вузький пучок (кут $8 - 60^\circ$). Чим менше кут випромінювання, тим більш інтенсивний світловий потік дає кристал. Випускаються світлодіоди різних кольорів: червоного, жовтого, зеленого, синього, синьо-зеленого і білого, причому білий з недавніх пір буває декількох відтінків (холодного, теплого, "сонячного" і т.д.).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

До переваг світлодіодів можна віднести: низьке енергоспоживання – не більше 10% від споживання при використанні ламп розжарювання, довгий термін служби – до 100000 годин, високий ресурс міцності - ударна й вібраційна стійкість, чистота й різноманітність кольорів, спрямованість випромінювання, регульована інтенсивність, низька робоча напруга, екологічна й протипожежна безпека. Світлодіоди не містять у своєму складі ртуті.

Підбір ламп для внутрішнього освітлення здійснюється в процесі розрахунку освітленості робочих місць в залежності від класу роботи. Заміна ламп без виконання розрахунку може призвести до недостатньої або надлишкової освітленості робочих місць. Енергетичний, економічний і екологічний ефекти від застосування енергоефективних ламп залежать від електричної потужності системи електроосвітлення і від світлової віддачі ламп. В табл. 3.1 приведені порівняльні характеристики ламп.

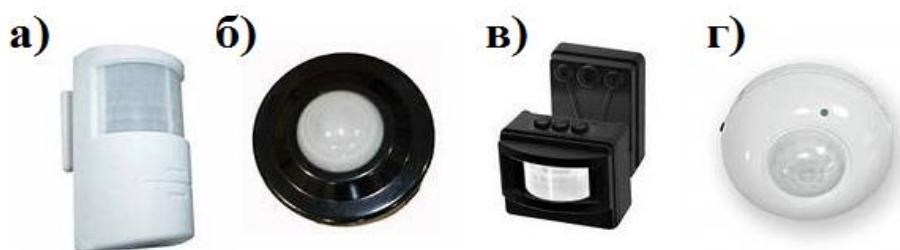
Таблиця 3.1 – Порівняльні характеристики ламп

Тип лампи	Ефективність, Лм/Вт	Колірна температура, К	Передача кольору, Ra	Термін служби, год	Гарантійний термін	Розміри	Час включення	Зменшення світлового потоку
Лампа розжарювання	8-12	2400-2700	95-100	1000	немає	невеликі	миттєве	відсутнє
Галогенна лампа	12-15	3000	95-100	2500	1 рік	компактні	миттєве	відсутнє
КЛЛ	45-60	2700-6000	80-90	10000	немає	відносно невеликі	невеликий	10%
Світлодіодна лампа	80-100	2800-11000	80-90	50000	2 роки	компактні	невеликий	25%

Секціонування систем освітлення може бути використано для зниження споживання електричної енергії. Для приміщень, які мають зони з різними умовами природного освітлення, керування робочим освітленням повинно

забезпечувати включення і відключення світильників групами або рядами по мірі зміни природної освітленості та в залежності від необхідності освітлення приміщень.

Для досягнення найбільшої енергетичної ефективності можливе використання автоматичного управління освітленням за допомогою датчиків руху (рис. 3.4) та фотоелементів (рис. 3.5), які включають групи світильників, чи окремі світильники, залежно від зміни природної освітленості та наявності людини в зоні освітлення.



а - YCA102, б - YCA1020B, в - LX01/SEN14, г - LX20 /SEN5

Рисунок 3.4 – Різновиди датчиків руху



а - LXP01 / SEN 25, б - LXP02 / SEN 26, в - LXP03 / SEN 27

Рисунок 3.5 – Різновиди фотоелементів

Енергетичний, економічний і екологічний ефекти від застосування енергоефективних ламп залежать від людського чинника, від географічного чинника (географічна широта), від орієнтації світлопрозорих конструкцій по сторонах світу і тому не можуть бути спрогнозовані з достатньою точністю. Впровадження заходу із секціонування системи освітлення не вимагає значних капіталовкладень і трудовитрат, при цьому приносить великий ефект від

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

економії на освітленні. Власне характеристики типових датчиків руху та фотоелементів наведено в табл. 3.2 та табл. 3.3 відповідно.

Таблиця 3.2 – Характеристики датчиків руху

Датчик руху	Живлення	Споживана потужність, Вт	Освітленість,лк	Кут виявлення, °	Час спрацювання	Відстань виявлення,м	Робоча температура,С	Навантаження, Вт	
								активне	змішане
УСА1021	230V 50/60Hz	0,1- 0,45	5- 2000	180	5 сек- 8 хв	11	-20...+40	1200	500
УСА1020В	230V 50/60Hz	0,1- 0,45	5- 2000	360	5 сек- 8 хв	12	-20...+40	1200	500
LX01/SEN14	230V 50/60Hz	0,1- 0,45	10>	120	5 сек- 8 хв	12	-20...+40	1200	500
LX20 /SEN5	230V 50/60Hz	0,1- 0,45	3- 2000	120/ 360	5 сек- 8 хв	6	-20...+40	1200	300

Основні параметри по яким відрізняються датчики руху це: кут сприйняття об'єкту та відстань сприйняття.

Фотоелементи розподіляються в залежності від потужності яку вони вмикають.

Найбільш економічною являється схема включення датчиків руху з енергоефективними лампами через фотоелемент, при такому підключенні можна досягнути найбільшого ефекту від впровадження заходу. При падінні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

освітленості до певного рівня фотоелемент проводить включення схеми, а при безпосередньому знаходженні людини в зоні дії датчика руху включається освітлення. Відповідно до будівельних норм, для можливості включення постійного освітлення в схему живлення необхідно впровадити ще один живлячий провід. Система освітлення є вагомим споживачем електроенергії, особливо в адміністративних будинках (до 80%).

Таблиця 3.3 – Характеристики фотоелементів

Фотоелемент "день/ніч"	Живлення	Споживана потужність, Вт	Освітленість,лк	Кут виявлення, °	Робоча температура,С	Навантаження,А	Примітка
LXP01 / SEN 25	230V 50/60Hz	0,1-0,45	5-15	360	-20...+40	6	має витримку часу
LXP02 / SEN 26	230V 50/60Hz	0,1-0,45	5-15	360	-20...+40	15	
LXP03 / SEN 27	230V 50/60Hz	0,1-0,45	5-15	360	-20...+40	25	

3.1.1 Методика розрахунку зниження витрат системою освітлення

Для аналізу стану системи освітлення обстежуваного об'єкта необхідно зібрати наступну інформацію:

- тип і кількість існуючих світильників;
- тип, кількість і потужність використовуваних ламп;
- режим роботи системи штучного освітлення;
- характеристики поверхонь приміщень (коефіцієнти відбиття);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

38

- рік установлення світильників;
- періодичність чищення світильників;
- фактичний і нормований рівень освітленості;
- значення напруги електромережі освітлення ;
- розміри приміщення;
- середній фактичний термін служби ламп;
- фактичне й нормоване значення коефіцієнта природної освітленості.

Порядок розрахунку показників енергоспоживання на підставі перерахованих вище даних отриманих у результаті інструментального обстеження об'єкта:

1) Установлена потужність:

$$P = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot N \quad (3.3)$$

де P - потужність освітлювальної установки і-го приміщення в обстежуваному об'єкті, Вт;

$K_{\text{пра}}$ - коефіцієнт втрат у пускорегулюючій апаратурі освітлювальних приладів;

$P_{\text{л}}$ - потужність лампи, Вт;

N - кількість однотипних ламп в освітлювальній установці і-го приміщення.

2) Річне енергоспоживання:

$$W_{\text{р}} = P \cdot T_{\text{р}} \cdot K_{\text{в}} \quad (3.4)$$

де $W_{\text{р}}$ - сумарне річне споживання електроенергії, кВт·год/рік;

$T_{\text{р}}$ - річне число годин роботи системи і-го приміщення, год;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання встановленої електричної потужності в освітлювальній установці і-го приміщення.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3) Перехід на інший тип джерела світла з більше високою світловіддачею (лм/вт).

Економія електроенергії в результаті даного заходу визначається по формулі:

$$\Delta W_i = W_p (1 - k_{\text{исі}} \cdot k_{\text{зпї}}) \quad (3.5)$$

де $k_{\text{исі}}$ - коефіцієнт ефективності заміни типу джерела світла;

$k_{\text{зпї}}$ - коефіцієнт запасу враховуюче зниження світлового потоку лампи протягом терміну служби (при заміні ламп із близьким за значенням $k_{\text{зпї}}$, але з різною ефективністю, $k_{\text{зпї}}$ виключається або коректується, крім випадку коли обстеження проводилося після групової заміни джерел світла).

$$k_{\text{исі}} = \eta / \eta_N \quad (3.6)$$

де η - світловіддача існуючого джерела світла, лм/вт;

η_N - світловіддача пропонованого до установки джерела світла, лм/вт.

4) Підвищення ККД існуючих освітлювальних приладів внаслідок їхнього чищення.

Економія електроенергії в результаті даного заходу визначається по формулі:

$$\Delta W_i = W_p \cdot k_{\text{ч}} \quad (3.7)$$

де $k_{\text{ч}}$ - коефіцієнт ефективності чищення світильників.

$$k_{\text{ч}} = 1 - (\gamma_c + \beta_c e^{-(t/t_c)}) \quad (3.8)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де γ_c, β_c, t_c - постійні для заданих умов експлуатації світильників;

t - тривалість експлуатації світильників між двома найближчими чищеннями, днів.

5) Підвищення ефективності використання електроенергії при автоматизації керування освітленням.

На підставі досвіду впровадження систем автоматизації й економію від даного заходу можна визначити по наступній формулі:

$$\Delta W_i = W_p (k_{eai} - 1) \quad (3.9)$$

де k_{eai} - коефіцієнт ефективності автоматизації керування висвітленням, що залежить від рівня складності системи керування.

б) Установка енергоефективної пускорегулюючої апаратури (ЕПРА).

$$\Delta W_i = W_p \cdot (1 - K_{праі}^N / K_{праі}) \quad (3.10)$$

де $K_{праі}$ - коефіцієнт втрат у ПРА існуючих світильників системи освітлення і-го приміщення;

$K_{праі}^N$ - коефіцієнт втрат у встановлених ЕПРА.

7) Загальний резерв економії від заходу розраховується за формулою:

$$\Delta W = \frac{E_1}{E_2} \cdot \sum \Delta W_i \quad (3.10)$$

де E_1 - фактична освітленість, люкс;

E_2 - нормована освітленість, люкс;

ΔW_i - економія електроенергії від проведення заходів, кВт·год/рік;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.1.2 Розрахунок зниження втрат від установавання системи освітлення сходинок з автоматичним керуванням освітлення

Система освітлення виконана світильниками з лампами розжарювання, ККД = 12%; використовувані лампи потужність 60 Вт, світловіддача 12 лм/Вт; режим роботи - цілодобово; кількість світильників - 33 штуки; нормована освітленість 100 лк; фактична освітленість 80 лк; кількість годин роботи штучного освітлення в рік $T_p = 8760$ годин; напруга мережі під час вимірів $U = 220$ В; коефіцієнт природної освітленості відповідає нормі, коефіцієнт використання 0,9; чищення проводиться 1 раз на рік. Планується впровадження світлодіодних світильників.

Установлена потужність:

$$P = P_{\text{л}} K_{\text{пра}} N = 60 \cdot 1 \cdot 33 = 1980 \text{ Вт};$$

Річне енергоспоживання :

$$W_p = \frac{P \cdot T_p \cdot K_B}{1000} = \frac{1980 \cdot 8760 \cdot 0,9}{1000} = 15610,32 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік};$$

Економія за рахунок переходу на інший тип світла:

$$k_{\text{исі}} = \frac{\eta}{\eta_N} = \frac{12}{50} = 0,24;$$

Значення η_N взяте з урахуванням майбутнього зменшення світловіддачі.

$$\Delta W_i = W_p \cdot (1 - k_{\text{исі}} \cdot k_{\text{зпн}}) = 15610,32 \cdot (1 - 0,24) = 11863,843 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік};$$

Економія за рахунок чищення світильників:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$k_{\text{ч}} = 1 - (\gamma_c + \beta_c e^{-(t/t_c)}) = 1 - (0,95 + 0,02) = 0,03;$$

$$\Delta W_i = W_p \cdot k_{\text{ч}} = 15510,32 \cdot 0,03 = 468,31 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік};$$

Економія від автоматизації освітлення:

$$\Delta W_i = W_p \cdot (k_{\text{eai}} - 1) = 15610,32 \cdot (1,2 - 1) = 3122,064 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік};$$

Загальний резерв економії від заходу складе:

$$\Delta W = \frac{E_1}{E_2} \cdot \sum \Delta W_i = \frac{80}{100} \cdot 15454,217 = 12363,374 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}.$$

3.1.3 Розрахунок зниження втрат для системи освітлення кімнат

Система освітлення виконана світильниками з лампами розжарювання, ККД = 12%; використовувані лампи потужність 100 Вт, світловіддача 12 лм/Вт; режим роботи – 5 год; кількість світильників - 540 штук; нормована освітленість 300 лк; фактична освітленість 250 лк; кількість годин роботи штучного освітлення в рік $T_p = 1525$ годин; напруга мережі під час вимірів $U = 220$ В; коефіцієнт природної освітленості відповідає нормі, коефіцієнт використання 0,9; чищення проводиться 1 раз на рік. Планується встановлення люмінесцентних ламп. Два місяці студенти не проживають в гуртожитку.

Установлена потужність:

$$P = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot N = 100 \cdot 1 \cdot 540 = 54000 \text{ Вт};$$

Річне енергоспоживання :

$$W_p = \frac{P \cdot T_p \cdot K_B}{1000} = \frac{54000 \cdot 1525 \cdot 0,9}{1000} = 74115 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік};$$

Економія за рахунок переходу на інший тип світла:

$$k_{\text{исі}} = \frac{\eta}{\eta_N} = \frac{12}{40} = 0,3;$$

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Значення η_N взяті з урахуванням майбутнього зменшення світловіддачі.

$$\Delta W_i = W_p (1 - k_{исі} \cdot k_{зпі}) = 74115 \cdot (1 - 0,3) = 51880,5 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік};$$

Економія за рахунок чищення світильників:

$$k_{ч} = 1 - (\gamma_c + \beta_c e^{-(t/t_c)}) = 1 - (0,95 + 0,02) = 0,03;$$

$$\Delta W_i = W_p \cdot k_{ч} = 74115 \cdot 0,03 = 2223,45 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік};$$

Установка пускорегулюючої апаратури (ЕПРА):

В зв'язку з заміною ламп розжарювання на люмінесцентні з'являються втрати від ЕПРА.

$$\Delta W_i = W_p \cdot (1 - K_{праі}^N / K_{праі}) = 74115 \cdot \left(1 - \frac{1,1}{1}\right) = -7411,5 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік};$$

Загальний резерв економії від заходу складе:

$$\Delta W = \frac{E_1}{E_2} \cdot \sum \Delta W_i = \frac{250}{300} \cdot 46692,45 = 38910,375 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}.$$

3.1.4 Розрахунок зниження втрат для системи освітлення блоків

Система освітлення виконана світильниками з лампами розжарювання, ККД = 12%; використовувані лампи потужність 60 Вт, світловіддача 12 лм/Вт; режим роботи – 10 год; кількість світильників - 210 штук; нормована освітленість 200 лк; фактична освітленість 150 лк; кількість годин роботи штучного освітлення в рік $T_p = 3650$ годин; напруга мережі під час вимірів $U = 220$ В; коефіцієнт природної освітленості відповідає нормі, коефіцієнт

					02.15.ЕЕ2321.КРМ.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

використання 0,9; чищення проводиться 1 раз на рік. Планується встановлення люмінесцентних ламп.

Установлена потужність:

$$P = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot N = 60 \cdot 1 \cdot 210 = 12600 \text{ Вт};$$

Річне енергоспоживання :

$$W_{\text{р}} = \frac{P \cdot T_{\text{р}} \cdot K_{\text{в}}}{1000} = \frac{12600 \cdot 3650 \cdot 0,9}{1000} = 41391 \text{ кВт·год/рік};$$

Економія за рахунок переходу на інший тип світла:

$$k_{\text{исі}} = \frac{\eta}{\eta_{\text{N}}} = \frac{12}{40} = 0,3;$$

Значення η_{N} взяте з урахуванням майбутнього зменшення світловіддачі.

$$\Delta W_{\text{i}} = W_{\text{р}} (1 - k_{\text{исі}} \cdot k_{\text{зпі}}) = 41391 \cdot (1 - 0,3) = 28973,7 \text{ кВт·год/рік};$$

Економія за рахунок чищення світильників:

$$k_{\text{ч}} = 1 - (\gamma_{\text{с}} + \beta_{\text{с}} e^{-(t/t_{\text{с}})}) = 1 - (0,95 + 0,02) = 0,03;$$

$$\Delta W_{\text{i}} = W_{\text{р}} \cdot k_{\text{ч}} = 41391 \cdot 0,03 = 1241,73 \text{ кВт·год/рік};$$

Установка електронної пускорегулюючої апаратури (ЕПРА):

В зв'язку з заміною ламп розжарювання на люмінесцентні з'являються втрати від ЕПРА.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$\Delta W_i = W_p \cdot (1 - K_{праі}^N / K_{праі}) = 41391 \cdot \left(1 - \frac{1,1}{1}\right) = -4139,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік};$$

Загальний резерв економії від заходу складе:

$$\Delta W = \frac{E_1}{E_2} \cdot \sum \Delta W_i = \frac{150}{200} \cdot 26076,33 = 19557,248 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}.$$

3.1.5 Розрахунок зниження втрат для системи освітлення нетипових приміщень

Система освітлення виконана світильниками з лампами розжарювання, ККД = 12%; використовувані лампи потужність 60 Вт, світловіддача 12 лм/Вт; режим роботи – 3 год; кількість світильників - 50 штук; нормована освітленість 200 лк; фактична освітленість 150 лк; кількість годин роботи штучного освітлення в рік $T_p = 1095$ годин; напруга мережі під час вимірів $U = 220$ В; коефіцієнт природної освітленості відповідає нормі, коефіцієнт використання 0,9; чищення проводиться 1 раз на рік. Планується встановлення люмінесцентних ламп.

Установлена потужність:

$$P = P_{л} \cdot K_{пра} \cdot N = 60 \cdot 1 \cdot 50 = 3000 \text{ Вт};$$

Річне енергоспоживання :

$$W_p = \frac{P \cdot T_p \cdot K_B}{1000} = \frac{3000 \cdot 1095 \cdot 0,9}{1000} = 2956,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік};$$

Економія за рахунок переходу на інший тип світла:

$$k_{исі} = \frac{\eta}{\eta_N} = \frac{12}{40} = 0,3;$$

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Значення η_N взяті з урахуванням майбутнього зменшення світловіддачі.

$$\Delta W_i = W_p \cdot (1 - k_{исі} \cdot k_{зпі}) = 2956,5 \cdot (1 - 0,3) = 2069,55 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік};$$

Економія за рахунок чищення світильників:

$$k_{ч} = 1 - (\gamma_c + \beta_c e^{-(t/t_c)}) = 1 - (0,95 + 0,02) = 0,03;$$

$$\Delta W_i = W_p \cdot k_{ч} = 2956,5 \cdot 0,03 = 88,695 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік};$$

Установка пускорегулюючої апаратури (ЕПРА):

В зв'язку з заміною ламп розжарювання на люмінесцентні з'являються втрати від ЕПРА.

$$\Delta W_i = W_p \cdot (1 - K_{праі}^N / K_{праі}) = 2956,5 \cdot \left(1 - \frac{1,1}{1}\right) = -295,65 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік};$$

Загальний резерв економії від заходу складе:

$$\Delta W = \frac{E_1}{E_2} \cdot \sum \Delta W_i = \frac{150}{200} \cdot 1862,595 = 1396,946 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

3.2 Встановлення приладів обліку електроенергії

Встановлення лічильників на кожную кімнату окремо дає можливість знімати дані відносно споживання електроенергії споживачами та впливати на наднормове споживання адміністративними та матеріальними методами.

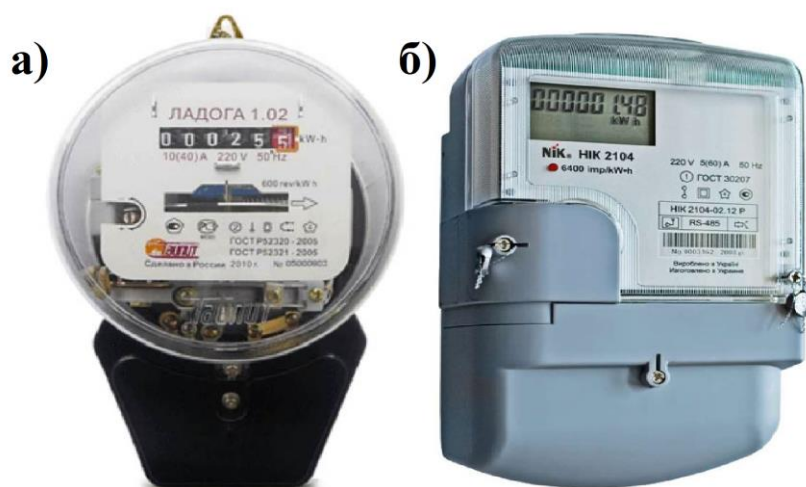
По конструкції лічильники бувають:

- Індукційні (рис. 3.6, а)) - електролічильники, в яких магнітне поле нерухомих струмопровідних котушок впливає на рухливий елемент з провідного матеріалу. Рухливий елемент являє собою диск, по якому

					02.15.ЕЕ2321.КРМ.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

протікають струми, індуковані магнітним полем котушок. Кількість спожитої електроенергії, в цьому випадку, прямо пропорційно числу обертів диска;

- Електронні (рис. 3.6, б)) - електрولیчильники, в яких змінний струм і напруга впливають на твердотільні (електронні) елементи для створення на виході імпульсів, число яких пропорційно вимірюваній активній енергії. Іншими словами, вимірювання активної енергії такими електрولیчильниками базоване на перетворенні аналогових вхідних сигналів струму і напруги в рахунковий імпульс. Вимірювальний елемент електронного електрولیчильника служить для створення на виході імпульсів, число яких пропорційно вимірюваній активній енергії. Лічильний механізм являє собою електромеханічний (має перевагу в областях з холодним кліматом, за умови встановлення приладу на вулиці) або електронний пристрій, що містить як запам'ятовуючий пристрій, так і дисплей;



а – індукційний, б – електронний

Рисунок 3.6 – Різновиди лічильників

Останнім часом індукційні (механічні) лічильники електроенергії стають менш популярні і поступово витісняються з ринку електронними лічильниками внаслідок їх недоліків:

- однотарифні;
- великі похибки обліку;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- поганий захист від розкрадання електроенергії;
- низька функціональність;
- незручності в установці і експлуатації в порівнянні з сучасними електронними приладами.

Основною перевагою електронних електролічильників є можливість обліку електроенергії за диференційованими тарифами (одно-, двох- і багато тарифний). Іншими словами, лічильники даного типу здатні запам'ятовувати і показувати кількість використаної електроенергії в залежності від запрограмованих періодів часу. Багатотарифний облік досягається за рахунок набору лічильних механізмів, кожний з яких працює у встановлені інтервали часу, які відповідають різним тарифам. Електронні лічильники набагато більш стійкі широкому діапазону навантажень у мережі. Крім того, крім очевидних технічних переваг, поліпшеного дизайну, зростання популярності електронних лічильників був обумовлений і поступовим зниженням їх вартості на ринку.

Тарифність є важливим технічним параметром електролічильника. Ще зовсім недавно всі електролічильники, застосовувані в побуті, були одностарифні, тобто здійснювали облік електричної енергії за одним тарифом. Функціональні можливості сучасних лічильників дозволяють вести облік електроенергії по зонах доби і навіть за порами року, дозволяючи значно економити електроенергію і розвантажити електромережі в пікові години, за рахунок так

За зовнішнім виглядом, способом монтажу і підключення двохтарифні лічильники не відрізняються від звичайних одностарифних. Різниця полягає в тому, що у встановлені години табло лічильника змінює свої покази. Вартість таких лічильників вище одностарифних, проте, в достатньо короткий час окупається за рахунок скорочення витрат на електроенергію.

Установка двотарифних електролічильників дозволяє безпосередньо стимулювати споживачів до економного режиму використання електроенергії і побічно веде до вирівнювання добових графіків навантаження. Для повсюдної заміни старих електролічильників на нові двотарифні потрібно вирішити

наступні питання: хто повинен встановлювати нові лічильники, які істотно дорожче традиційних; чи стане введення двоставкового тарифу достатнім стимулом до установки нового лічильника; при проведенні установки лічильників енергоуправлінь або деяким посередником як оцінити досягається економічний ефект в енергосистемі і яка можливість вилучення інвестором додаткового доходу від заходу; за якою методикою можна оцінити ефективність інвестицій у більш дорогі двотарифні лічильники.

Від згладжування добових графіків розподілу електричних навантажень будуть отримані, принаймні, два позитивних ефекту:

- зниження втрат електроенергії в мережах;
- зниження максимуму активної потужності енергосистеми, що дозволить зменшити потрібну потужність нових електростанцій або відстрочити їх пуск, тимчасово підвищуючи пропускну здатність мережі в період пікових навантажень (локальний ефект).

Зниження втрат електроенергії в мережах очевидно, і справа лише в методиці кількісної їх оцінки. Однак на практиці отримання прибутку від цього ефекту досить важко. Зниження максимуму активної потужності енергосистеми залежить від одиничних потужностей планованих нових електростанцій, абсолютних значень параметрів добових графіків навантажень, їх співвідношення та досягається можливості зниження максимуму електричного навантаження енергосистеми. Імовірність досягнення локального ефекту вище в більш потужній енергосистемі, оскільки в ній одиничні потужності станцій відносно менше.

Установка двотарифних електролічильників не тільки допомагає вирішити проблему оптимізації електричного балансу в години пікових навантажень, що дуже вигідно великим енергосистемам, і приносить їм значну додаткову економію споживачу. Дисконтувати щорічні майбутні додаткові доходи не має сенсу, враховуючи неминуче підвищення тарифів для досягнення рівня світових цін на електроенергію. Оскільки термін служби нових лічильників становить не один десяток років, їх установка вельми вигідна.

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

3.3 Заміна кабелів перевантажених ліній

Втрати електричної енергії у внутрішньо будинкових мережах багатоповерхових житлових будинків потрібно обчислювати для кожного із вводів як різницю одночасних показів лічильників електричної енергії, встановлених на вводі у житловий будинок і лічильників, за якими здійснюють облік електроенергії на внутрішньобудинкові потреби та у фізичних осіб цього будинку.

У разі неможливості віднести споживання електричної енергії до кожного із k стояків і/або відсутності лічильника на вводі в будинок та лічильника обліку внутрішньо будинкових потреб дозволено потужності стояків приймати однаковими і втрати активної електроенергії в кВт·год обчислювати за формулами:

– у зовнішній мережі:

$$\Delta W_{3.м.}^{(P)} = \frac{\left(\sum_k \sum_m W_{m,k}^{(P)} \right)^2}{U_H^2 \cdot T} \cdot k_{\Phi}^2 \cdot R_3 \cdot l_3 \cdot 10^{-3} \quad (3.11)$$

де $W_{m,k}^{(P)}$ – в споживання активної енергії m -м споживачем k -го стояка протягом розрахункового періоду, кВт·год;

U_H – номінальна напруга, кВ;

k_{Φ}^2 – коефіцієнт форми графіка навантаження ;

R_3 – питомий активний опір кабелю зовнішньої мережі, Ом/км;

l_3 – довжина кабелю зовнішньої мережі, км;

T – тривалість розрахункового періоду, годин;

– у внутрішньо будинковій мережі:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$\sum_k \Delta W_{\text{в.м.}}^{(P)} = \sum_k \left(\frac{\left(\sum_k \sum_m W_{m,k}^{(P)} \right)^2}{k^2 \cdot U_{\text{н}}^2 \cdot T} \cdot k_{\text{ф}}^2 \cdot R_{\text{в.к}} \cdot \left(l_{\text{н,к}} + \frac{l_{\text{р,к}}}{3} \right) \cdot 10^{-3} \right) \quad (3.12)$$

де k – кількість стояків;

$R_{\text{в.к}}$ – питомий активний опір k -го стояка, Ом/км;

$l_{\text{н,к}}$ – довжина кабелю нерозгалуженої частини k -го стояка, км;

$l_{\text{р,к}}$ – довжина кабелю розгалуженої частини k -го стояка, км;

Доцільність заміни проводів перевантажених ліній повинна оцінюватися за мінімумом приведених витрат на заміну. При цьому необхідно враховувати фактичне навантаження ліній, передбачуване її збільшення на найближчу перспективу і вартість заміни Вводів. Найбільш поширеним застосування цього заходу є в критичних мережах 380 В.

Розрахунок зниження втрат від заміни проводів перевантажених ліній

Визначаємо втрати електричної енергії, на вводах в гуртожиток встановлені лічильники, лічильників внутрішньо будинкових потреб та лічильників для споживачів не встановлено. Живлення гуртожитку, який розташовується на відстані 0,1 км від ТП, здійснюється кабелем АБВбШв 3x185+1x50 ($R_3 = 0,108 \text{ Ом/км}$), стояки виконано кабелем ВВГ 3x25+1x16 ($R_{\text{в.к}} = 0,707 \text{ Ом/км}$). Довжина кабелю нерозгалуженої частини стояка становить 0,03 км, а розгалуженої частини 0,053 км.

Визначаємо тривалість розрахункового періоду:

$$T = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год};$$

З [3] визначаємо коефіцієнт форми графіка навантаження :

					02.15.ЕЕ2321.КРМ.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$k_{\Phi}^2 = 1,12;$$

Втрати активної енергії в зовнішній мережі:

$$\begin{aligned} \Delta W_{3.М.}^{(P)} &= \frac{\left(\sum_k \cdot \sum_m \cdot W_{m,k}^{(P)} \right)^2}{U_H^2 \cdot T} \cdot k_{\Phi}^2 \cdot R_3 \cdot l_3 \cdot 10^{-3} = \\ &= \frac{(496792)^2}{0,38 \cdot 8760} \cdot 1,12^2 \cdot 0,149 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} = 3646,701 \text{ кВт} \cdot \text{год}; \end{aligned}$$

Втрати активної енергії у внутрішній мережі:

$$\begin{aligned} \sum_k \Delta W_{В.М.}^{(P)} &= \sum_k \left(\frac{\left(\sum_k \cdot \sum_m \cdot W_{m,k}^{(P)} \right)^2}{k^2 \cdot U_H^2 \cdot T} \cdot k_{\Phi}^2 \cdot R_{В.к} \cdot \left(l_{H,k} + \frac{l_{P,k}}{3} \right) \cdot 10^{-3} \right) = \\ &= \frac{(496792)^2}{4^2 \cdot 0,38^2 \cdot 8760} \cdot 1,12 \cdot 0,707 \cdot \left(0,03 + \frac{0,053}{3} \right) \cdot 10^{-3} = 515,499 \text{ кВт} \cdot \text{год}; \end{aligned}$$

Виконаємо заміну кабелів: для зовнішньої мережі АБВБШв 3x240+1x120, для внутрішньої ВВГ 3x35+1x25, та розрахуємо втрати:

Втрати активної енергії в зовнішній мережі:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$\Delta W_{3.М.}^{(P)} = \frac{\left(\sum_k \cdot \sum_m \cdot W_{m,k}^{(P)} \right)^2}{U_H^2 \cdot T} \cdot k_{\Phi}^2 \cdot R_3 \cdot l_3 \cdot 10^{-3} =$$

$$= \frac{(496792)^2}{0,38 \cdot 8760} \cdot 1,12^2 \cdot 0,119 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} = 2912,466 \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

Втрати активної енергії у внутрішній мережі:

$$\sum_k \Delta W_{В.М.}^{(P)} = \sum_k \left(\frac{\left(\sum_k \cdot \sum_m \cdot W_{m,k}^{(P)} \right)^2}{k^2 \cdot U_H^2 \cdot T} \cdot k_{\Phi}^2 \cdot R_{В.к} \cdot \left(l_{H,k} + \frac{l_{P,k}}{3} \right) \cdot 10^{-3} \right) =$$

$$= \frac{(496792)^2}{4^2 \cdot 0,38^2 \cdot 8760} \cdot 1,12 \cdot 0,524 \cdot \left(0,03 + \frac{0,053}{3} \right) \cdot 10^{-3} = 382,067 \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

Зниження втрат електроенергії від заміни кабелів:

Для зовнішньої мережі:

$$\delta W = \Delta W_{3.М.С}^{(P)} - \Delta W_{3.М.Н}^{(P)} = 3646,701 - 2912,466 = 734,235 \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

Для внутрішньої мережі:

$$\delta W = \Delta W_{В.М.С}^{(P)} - \Delta W_{В.М.Н}^{(P)} = 515,499 - 382,067 = 133,432 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

3.4 Вирівнювання навантаження фаз мережі 0,4 кВ

Перекіс фаз (фазних напруг), як правило, характеризується незмінністю або однаковістю лінійних напруг джерела і значною різницею за величиною фазних напруг (рис. 3.7). Тобто рівносторонній трикутник, утворений векторами

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

лінійних напруг залишається рівностороннім трикутником, це означає, що значення трьох лінійних напруг відповідає 380 В, можливі незначні відхилення значень, які називаються є допустимими. Значно зміщуються вектори фазних напруг всередині трикутника, які з'єднують точку всередині трикутника з його вершинами, змінюється величина фазних напруг і кут зсуву між ними.

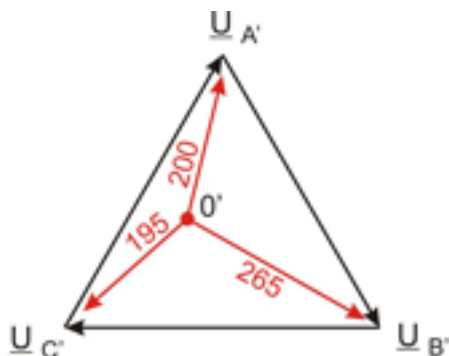


Рисунок 3.7 – Перекіс фаз в трьохфазній електричній мережі

Умовно причини виникнення перекосу фаз можна розділити на зовнішні і внутрішні. Внутрішні причини пов'язані з споживачами електроенергії, які нерівномірно завантажують фази мережі без урахування потужності однофазних електроприймачів, коефіцієнта одночасності їх включення, підключають потужні двофазні електроприймачі до побутових розеток. У реальному житті причиною перекосу фаз є нерівномірність завантаження не тільки за величиною, а й за характером навантаження. Навантаження може бути активною (резистивної) - (R) або реактивної: індуктивної (L) або ємнісної (C). Зовнішні причини виникнення перекосу фаз можуть бути пов'язані з несправностями в розподільній мережі (наприклад, у високовольтних лініях електропередач (ЛЕП) при високій вологості і дефектах в гірляндах ізоляторів або розрядників окремих фаз) або наявністю потужних споживачів, включених на дві фази, тобто на лінійну напругу (наприклад, споживачі тягових мереж або електродвигуни електропоїздів). Також причини можуть бути комбінованими (зовнішніми і внутрішніми).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Наслідки перекосу фаз проявляються у збільшенні електроспоживання з мережі; в неправильній роботі електроприймачів, їх збоях, відмовах, відключеннях, перегорянні запобіжників, зносі ізоляції.

Централізоване рішення, що дозволяє усунути перекіс фаз, відсутнє, так як неможливо зобов'язати всіх споживачів підключати одночасно навантаження, рівні за величиною і характером. Традиційно для забезпечення заданої напруги на кожній з фаз традиційно використовуються стабілізатори напруги. У побутових умовах застосовують однофазні стабілізатори напруги, які забезпечують захист окремих електроприймачів або невеликий їх групи. У промислових умовах використовуються трифазні стабілізатори напруги різної потужності, які конструктивно складаються з трьох однофазних стабілізаторів напруги. Принцип їх дії такий, що вони реагують на відхилення на кожній окремо взятій фазі і піднімають або опускають напругу до необхідного рівня на своїй фазі, провокуючи зміни напруг на двох інших фазах і будучи, таким чином, вторинної причиною виникнення перекосу фаз. З викладеного вище ясно, що трифазні стабілізатори напруги фактично не вирішують поставлене перед ними завдання, так як самі провокують несиметрію трифазної системи. Крім свого основного недоліку трифазні стабілізатори напруги споживають значну кількість електроенергії і вимагають значних сервісних витрат, оскільки володіють низькою надійністю - і електромеханічні, і електронні стабілізатори напруги мають швидкозношувані і часто відмовляють деталі.

Розрізняють імовірну несиметрію, що має переміжний характер з більшим навантаженням то однієї, то іншої фази, і систематичну несиметрію, за якої неоднаковими є середні значення навантажень. Перший вид несиметрії може бути усунутий лише спеціальними пристроями, наприклад, з тиристорним керуванням, що переключач частину навантажень з перевантаженої на недовантажену фазу. Систематична несиметрія може бути знижена шляхом періодичного перерозподілу навантаження між фазами.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

56

3.4.1 Методика розрахунку вирівнювання навантаження

Планове і фактичне зниження втрат електроенергії за рахунок усунення систематичної несиметрії δW у кіловат-годинах визначається за формулою:

$$\delta W = \Delta W \cdot m \cdot (K_{H1} - K_{H2}), \quad (3.13)$$

де ΔW – втрати електроенергії в електричній мережі 0,38 кВ за рівномірного завантаження фаз, кВт· год;

K_{H1}, K_{H2} – коефіцієнти систематичної несиметрії до і після симетрування, відн.од.;

m – кількість проводів у фазі;

Квадрат коефіцієнта нерівномірності навантаження фаз i -ї ділянки дорівнює:

$$N_i^2 = \frac{I_{Ai}^2 + I_{Bi}^2 + I_{Ci}^2}{3 \cdot (I_{сери})^2}, \quad (3.14)$$

де I_A, I_B, I_C – середні значення струмів фаз за період з 17 до 23 год;

$I_{сери}$ – їхнє середнє значення, А;

Збільшення витрат потужності у функції коефіцієнта нерівномірності оцінюється коефіцієнтом несиметрії, що визначається для чотирипровідної електричної мережі за формулою:

$$K_{несі} = N_i^2 \cdot \left(1 + 1,5 \cdot \frac{R_N}{R_\phi} \right) - 1,5 \cdot \frac{R_N}{R_\phi}, \quad (3.15)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де $\frac{R_N}{R_\Phi}$ – відношення опорів нульового і фазного проводів, відн.од.

Перерозподіл навантаження в електричній мережі необхідно робити, якщо середнє за зазначений період значення струму на головній ділянці нульового проводу становить більше 15А.

3.4.2 Розрахунок зниження втрат від проведення вирівнювання навантаження фаз

Квадрат коефіцієнта нерівномірності навантаження фаз і-ї ділянки дорівнює:

$$N_i^2 = \frac{I_{Ai}^2 + I_{Bi}^2 + I_{Ci}^2}{3 \cdot (I_{сепі})^2} = \frac{320^2 + 187^2 + 228^2}{3 \cdot \left(\frac{320 + 187 + 228}{3}\right)^2} = 1,052$$

Коефіцієнт несиметрії для чотирипровідної електричної мережі:

$$K_{Н1} = N_i^2 \cdot \left(1 + 1,5 \cdot \frac{R_N}{R_\Phi}\right) - 1,5 \cdot \frac{R_N}{R_\Phi} = 1,052^2 \cdot \left(1 + 1,5 \cdot \frac{1,12}{0,716}\right) - 1,5 \cdot \frac{1,12}{0,716} = 0,751;$$

$$K_{Н2} = 1;$$

Зниження втрат електроенергії:

$$\delta W = \Delta W \cdot m \cdot (K_{Н1} - K_{Н2}) = 515,499 \cdot 1 \cdot (0,751 - 0,453) = 153,619 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

3.5 Установка пристроїв компенсації реактивної потужності

Зниження втрат електроенергії від установлення пристроїв КРП у складно замкненій електричній мережі суб'єкта енергетики з достатньою точністю може бути визначено за програмою оптимізації сталого режиму за реактивною потужністю з обліком знайдених оптимальних потужностей КРП і місць їх установлення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Даний захід може бути використано для зниження споживання електричної енергії, а також дозволяє зменшити перетин кабелю на ділянці від трансформаторної підстанції до ГРЩ. Область застосування: будівлі, енергетичні системи, система електропостачання. Компенсатор реактивної потужності (КРП) є одним з видів електрообладнання, що знижує значення повної потужності, і залежно від природи реактивної потужності може бути як індуктивного характеру (індуктивний реактор) так і ємнісного (конденсатор).

Конденсаторні батареї використовують для компенсації реактивної складової індуктивного потужності, що веде до зниження повної потужності. На рис. 3.8 показаний компенсатор реактивної потужності з конденсаторними батареями.



Рисунок 3.8 – Компенсатор реактивної потужності з конденсаторними батареями

Одним з факторів, що призводять до виникнення втрат в електричних мережах є реактивна складова викликаного струму за наявності індуктивного навантаження (навантаження в промислових і побутових електричних мережах носить зазвичай активно-індуктивний характер). Відповідно, з електричної мережі відбувається споживання як активної, так і реактивної енергії.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

59

Реактивна енергія може вироблятися безпосередньо в місці споживання. Зменшення реактивної складової у загальній потужності електроенергії широко поширене в усьому світі і відомо під терміном «компенсація реактивної потужності» (КРМ), як одне з найбільш ефективних засобів забезпечення раціонального використання електроенергії.

Компенсація реактивної потужності дозволяє:

- розвантажити від реактивного струму розподільні мережі (розподільні пристрої, кабельні та повітряні лінії), трансформатори та генератори;
- знизити втрати потужності і падіння напруги в елементах систем електропостачання;
- скоротити витрати на електроенергію;
- обмежити вплив вищих гармонік і мережевих перешкод;
- зменшити асиметрію фаз.

Основними споживачами реактивної потужності є: електричні двигуни вентиляторів, насосів ІТП, верстатів, системи електроосвітлення з люмінесцентними лампами. Установка КРМ доцільна в електричних мережах з низьким коефіцієнтом потужності. Для підбору КРМ необхідний розрахунок електричних навантажень. Вихідні дані для підбору КРМ: вхідні параметри - тип мережі, номінальна вхідна напруга, вхідний коефіцієнт потужності; вихідні параметри - реактивна потужність, діапазон вихідної напруги, вихідний коефіцієнт потужності. Енергетичний, економічний і екологічний ефекти компенсаторів реактивної потужності залежать від споживання реактивної потужності.

Компенсаційні пристрої в кількості 5 шт., були встановлені в 2009 році, в дипломному проекті розраховується ефект від впровадження цього заходу.

3.5.1 Методика розрахунку зниження втрат електроенергії від встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності

Для орієнтованого оцінювання зниження втрат електроенергії від встановлення і введення в роботу пристрою для компенсації а розімкненій

					02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

електричній мережі δW у кіловат-годинах можна скористатися формулою:

$$\delta W = \frac{2 \cdot Q_{\text{кп}} \cdot Q_{\text{п}} - Q_{\text{кп}}^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot R_{\text{ек}} \cdot \tau \cdot K_{\text{п}} - \Delta W_{\text{кп}}, \quad (3.16)$$

де $Q_{\text{п}}$ — реактивна потужність сумарного навантаження електричної мережі, квар;

$Q_{\text{кп}}$ — потужність компенсуючих пристроїв, квар;

$U_{\text{ном}}$ — номінальна напруга електричної мережі, В;

$R_{\text{ек}}$ — еквівалентний за втратами потужності опір електричної мережі, Ом;

τ — час найбільших втрат, год.;

$\Delta W_{\text{кп}}$ — втрати електроенергії в компенсуючих установках, кВт·год.

Неодноразово проведені оптимізаційні розрахунки для ряду суб'єктів енергетики показали високу техніко-економічну ефективність даного заходу.

Втрати в компенсуючих пристроях $\Delta W_{\text{кп}}$ у кіловат-годинах, визначених для батарей конденсаторів за формулою:

$$\Delta W_{\text{кп}} = \text{tg} \delta \cdot Q_{\text{кп}} \cdot T, \quad (3.17)$$

де $\text{tg} \delta$ — відносні втрати електроенергії в конденсаторах;

$Q_{\text{кп}}$ — потужність компенсуючого пристрою, квар;

T — час роботи компенсуючого пристрою, год.

3.5.2 Розрахунок зниження втрат реактивної енергії від встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності

Втрати в компенсуючих пристроях:

$$\Delta W_{\text{кп}} = \text{tg} \delta \cdot Q_{\text{кп}} \cdot T = 0,1 \cdot 475 \cdot 8760 = 416100 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Зниження втрат реактивної енергії від установлення КРП:

$$\delta W = \frac{2 \cdot Q_{\text{кп}} \cdot Q_{\text{п}} - Q_{\text{кп}}^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot R_{\text{ек}} \cdot \tau \cdot K_{\text{п}} - \Delta W_{\text{кп}} = \frac{2 \cdot 475 \cdot 730 - 475^2}{0,38^2} \cdot 0,101 \cdot 6 - 0,416 = 1963519,321 \text{ кВт год};$$

3.6 Потенціал енергоефективності для впроваджуваних заходів

Потенціал енергозбереження для визначених енергоефективних заходів приведений в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Потенціал енергоефективності

Енергоефективний захід	Потенціал енергозбереження
Університет:	
Установка компенсаційних пристроїв	1963519 кВар·год/рік
Гуртожиток №4:	
Монтаж системи освітлення сходінок з автоматичним керуванням	122363,374 кВт·год/рік
Встановлення енергоефективних ламп в кімнатах	38910,374 кВт·год/рік
Встановлення енергоефективних ламп на блоках	19557,248 кВт·год/рік
Встановлення енергоефективних ламп в нетипових приміщеннях	1396,946 кВт·год/рік
Заміна кабелів зовнішньої та внутрішньої мережі	867,667 кВт·год/рік
Вирівнювання навантаження фаз	153,619 кВт·год/рік
Встановлення приладів обліку електроенергії	має організаційний ефект

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

62

3.7 Концепція заміщення електроенергії

В сучасних умовах впровадження енергоощадних заходів не є панацеєю забезпечення мінімізації витрат на енергоспоживання. Одним із найефективніших засобів є облаштування сонячних електростанцій, які дають прямий ефект на енергобаланс підприємств бюджетної сфери та можуть бути використані в системах автономного енергозабезпечення.

Розглянемо на прикладі ДІТ встановлення такої СЕС, яка була б ефективною для заміщення потреб в електроенергії для університету, рис. 3.9.

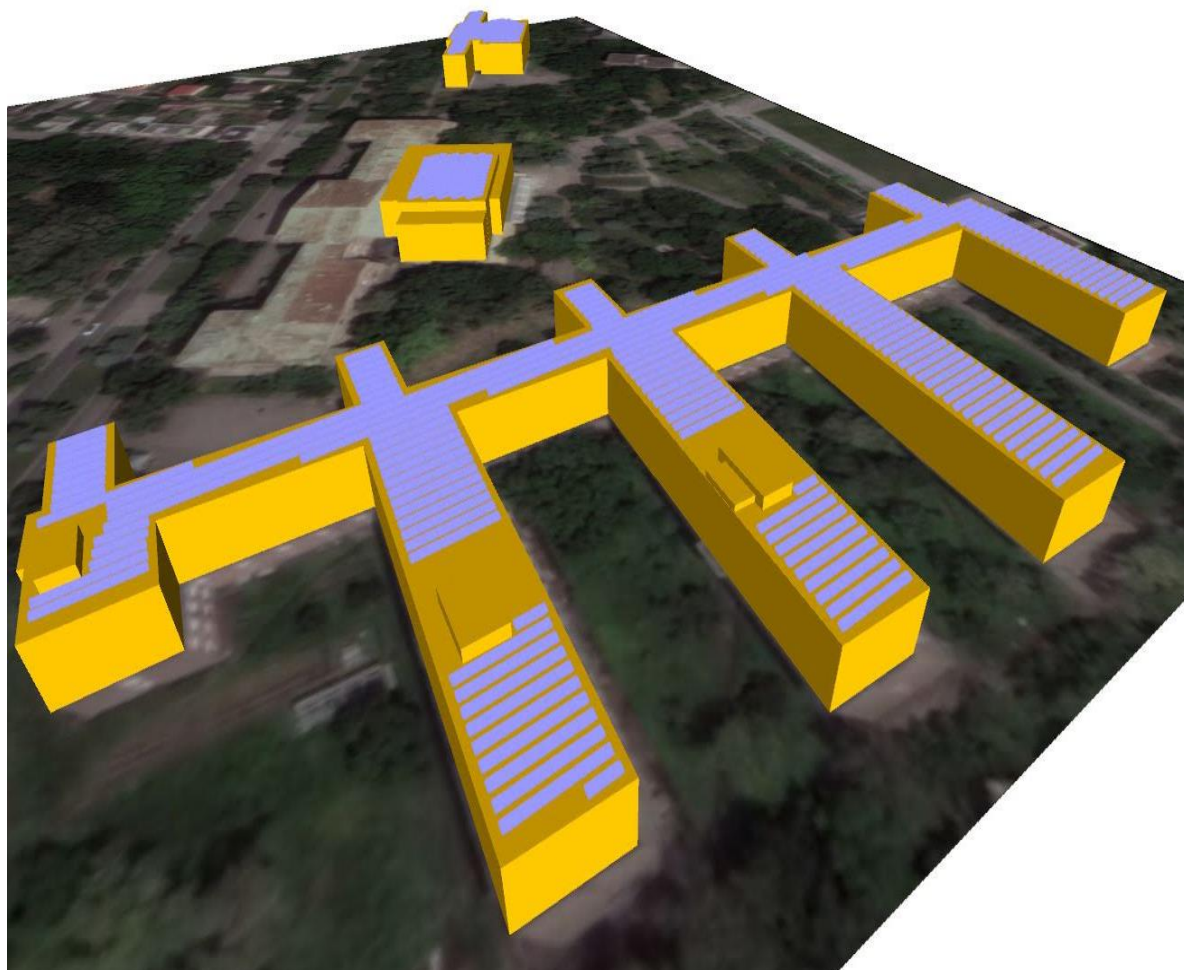


Рисунок 3.9 – Фотоелектрична станція на даху ДІТ

Треба зауважити, що на даху ДІТ вже є встановлена сонячна електростанція, як тестовий приклад, потужність якої становить 20 кВт. Як видно із рис. 3.10 за 2022, 2023 та 2024 рік дана електроустановка згенерувала близько 84 МВт·год електричної енергії, що у випадку прямого перерахунку на

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

63

кошти відповідним 590,94 тис. грн, що вказує на окупність даного об'єкту менш ніж за 2 роки. Як видно даний захід є економічно ефективним і доцільним.

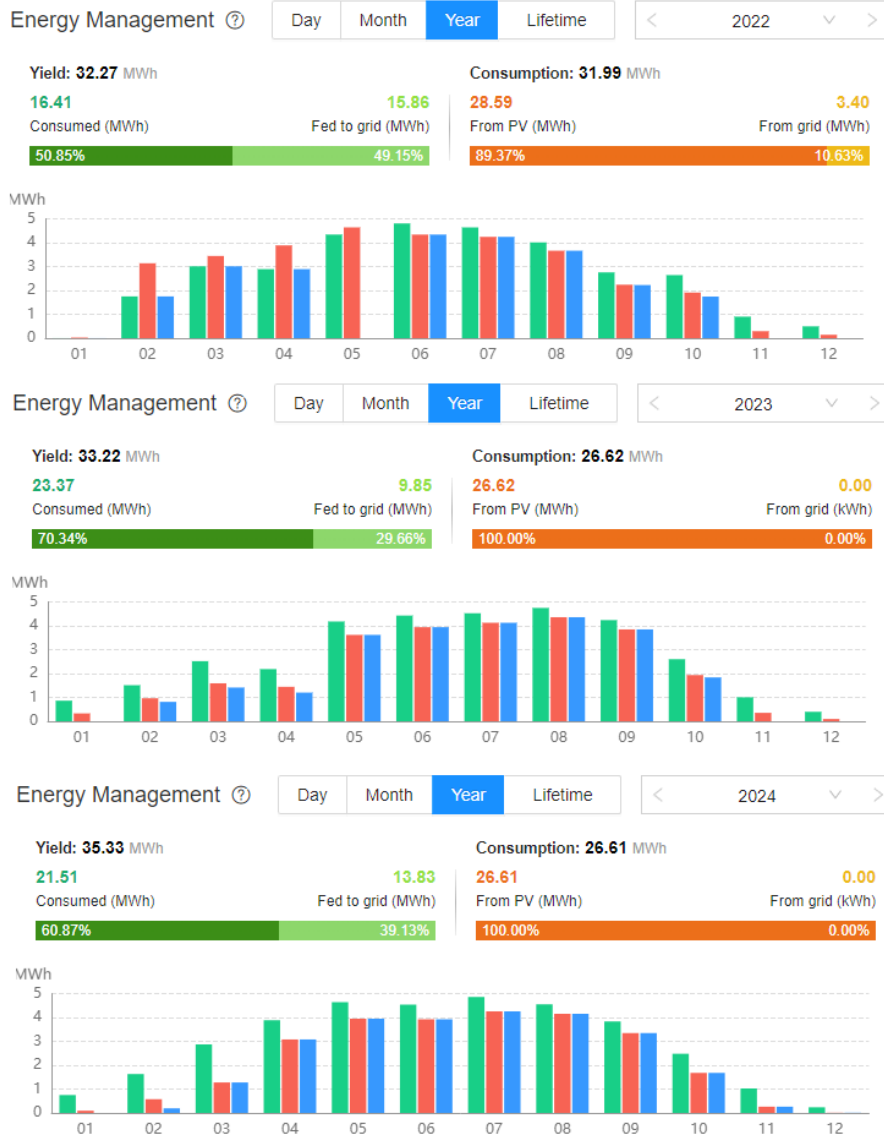


Рисунок 3.10 – Результати генерації існуючої СЕС на даху ДІТ за 2022-2024 роки

Для більш детальної оцінки можливого ресурсу для заміщення електроенергії із зовнішньої мережі, проведемо моделювання фотоелектричної станції для визначення її оптимальної потужності. Результати моделювання генерації, приведено на рис. 3.11 – 3.12.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

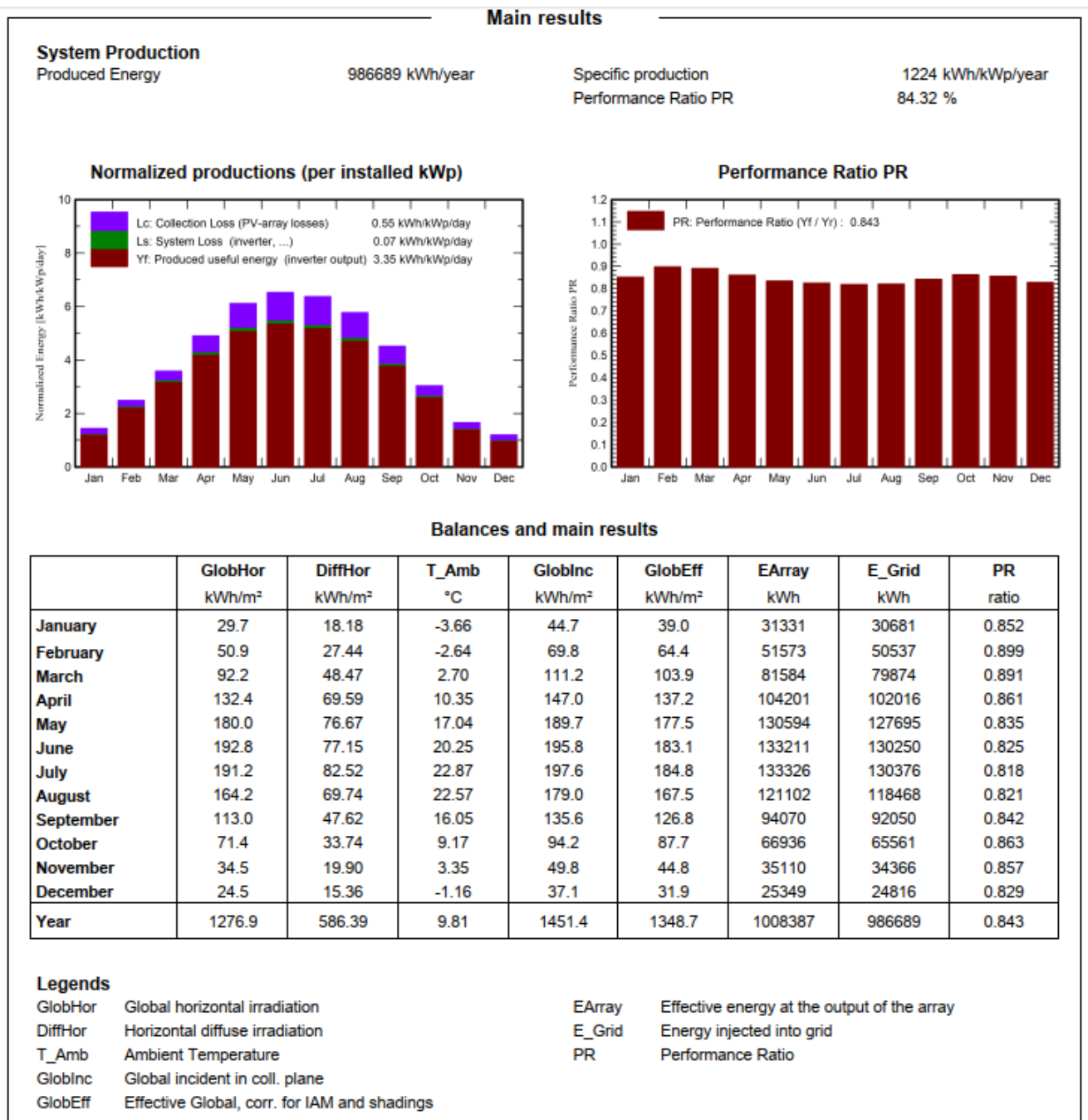


Рисунок 3.11 – Зведена інформація щодо генерації електроенергії СЕС потужністю 615 кВт на даху ДІТ

Як можна побачити, навіть при досить щільному розміщенні фотоелектричних модулів, вдалося досягти досить гарного рівня генерації, який визначається коефіцієнтом PR на рівні 84,32%.

Розглянемо вірогіднісну криву генерації СЕС, рис. 3.12.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

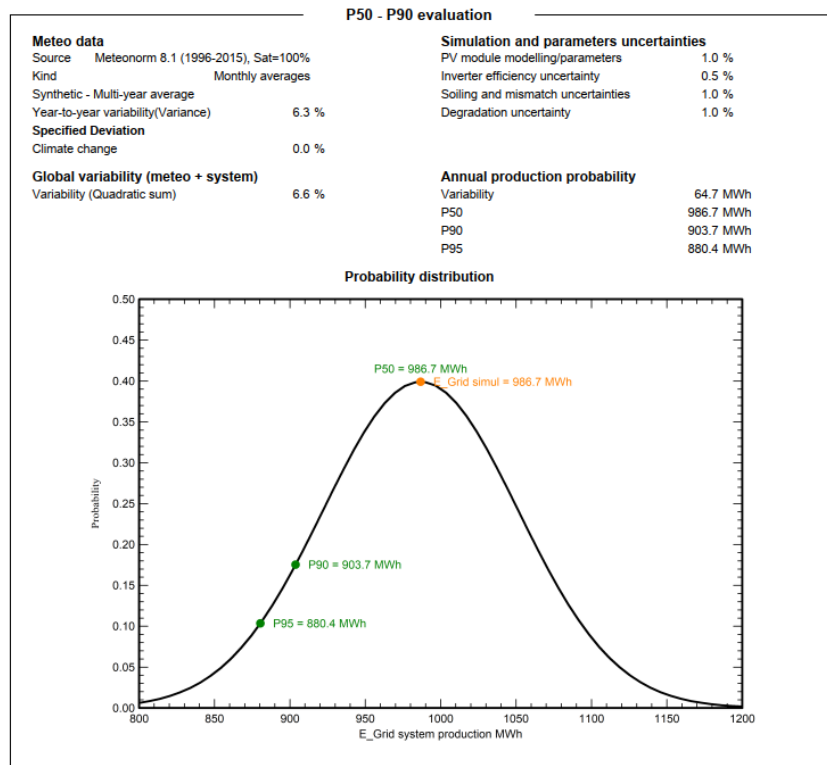


Рисунок 3.12 – Вірогіднісна крива генерації СЕС на даху ДПТ

Дана залежність показує який можливо досягти рівень максимальної і мінімальної генерації в залежності від впливаючих факторів на роботу СЕС, приймаємо за орієнтир P50, керуючись практичними результатами роботи існуючої СЕС та врахуванням в розрахунку деталізованих втрат.

Розподіл річної генерації від СЕС по годинах має наступний вигляд, рис .3.13.

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Січень	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1240	2833	4321	5226	5416	6396	4042	1217	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Лютий	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	727	3347	7393	8097	7546	8099	5949	3184	473	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Березень	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	597	3361	6389	9092	10936	12197	11495	10012	7832	5523	2376	74	-1	-1	-1	-1
Квітень	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	419	2579	5762	8567	11042	12470	13124	12687	12178	10690	7518	3946	1031	10	-1	-1
Травень	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	198	1593	4712	8241	11855	14532	15746	15564	14489	13295	11335	8437	5329	2037	339	-1
Червень	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	429	1872	5181	8441	10848	13143	15201	14824	14568	13994	12226	9278	6335	2865	627	24
Липень	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	249	1528	4795	8268	11199	13833	15308	15048	15117	13863	12218	9451	6072	2801	633	-1
Серпень	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	784	3628	7199	10681	13072	14403	14543	14356	13470	10973	8257	5235	1702	171	-1	-1
Вересень	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	57	2049	5128	8268	10424	11470	12192	12355	11706	9173	6148	2793	294	-1	-1	-1
Жовтень	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	616	3549	6275	7951	9487	9714	9375	8641	6338	3265	358	-1	-1	-1	-1	-1
Листопад	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	594	2530	4124	5213	6265	6206	5475	3300	667	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Грудень	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1367	2888	4408	5176	4906	4021	2043	17	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Рисунок 3.13 – Розподіл річної генерації від СЕС по годинах доби

Якщо керуватися загальним споживанням електроенергії навчальних корпусів протягом року та накласти на нього генерацію від СЕС, можемо отримати наступну картину, рис. 3.14.

Споживання та генерація накладені на спільному графіку

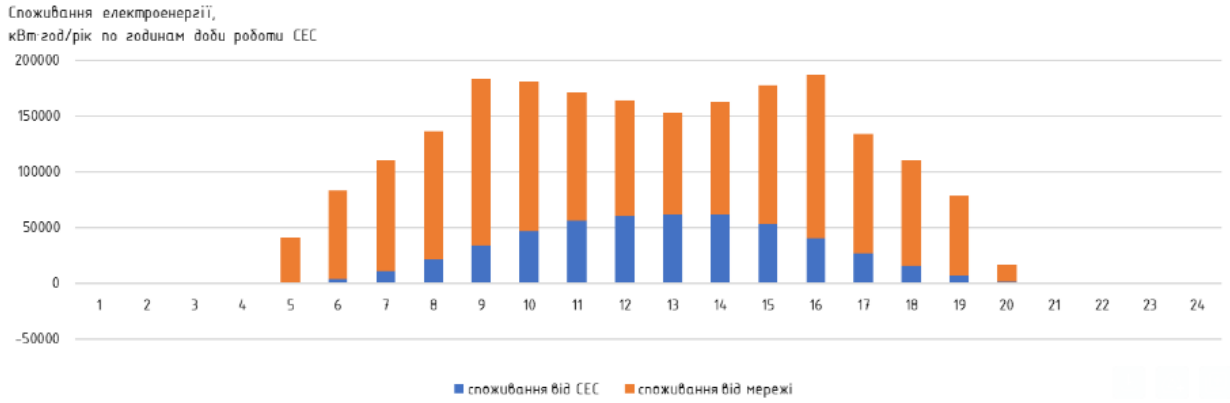


Рисунок 3.14 – Генерація та споживання навчальним корпусом ДІТ

З даного графіку видно, що встановлена потужність СЕС закриває лише частину споживання навчальних корпусів, але для деталізованого аналізу треба розглядати кожен проміжок часу протягом року окремо, побудуємо аналогічні залежності для січня місяця та липня, рис. 3.15 та 3.16.

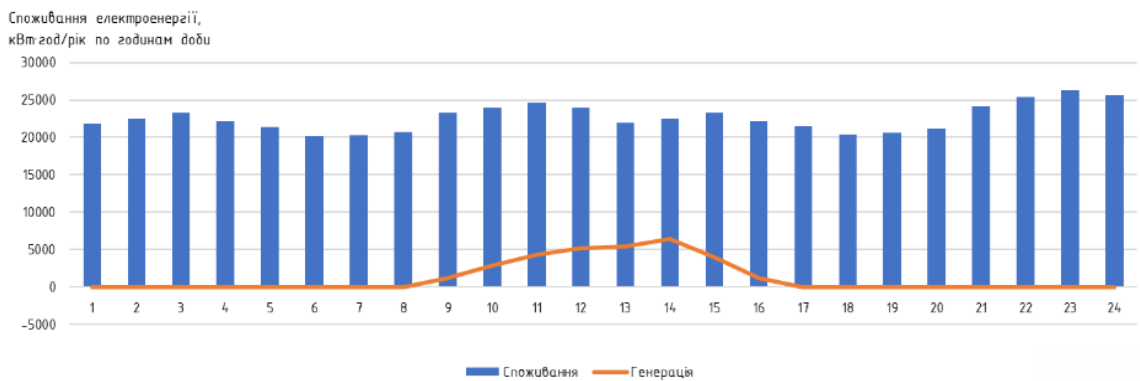


Рисунок 3.15 – Генерація та споживання навчальним корпусом ДІТ в січні

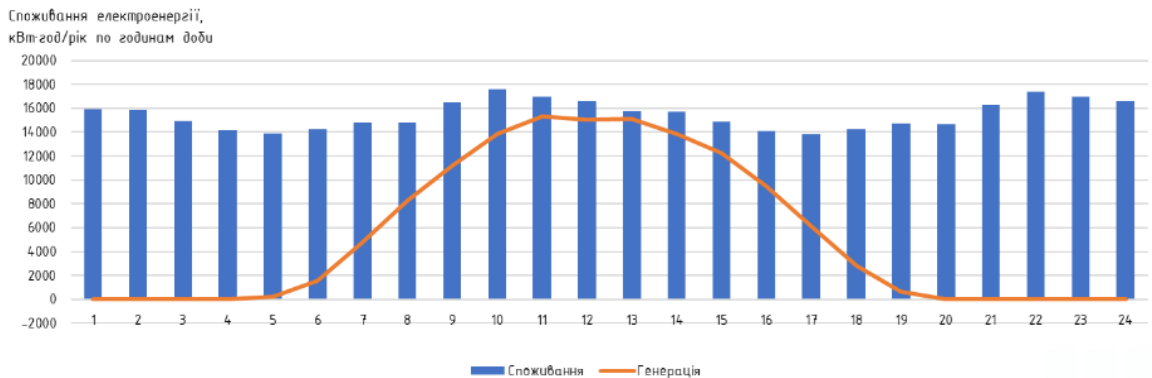


Рисунок 3.16 – Генерація та споживання навчальним корпусом ДІТ в липні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

67

Керуючись проведеними розрахунками, можна констатувати максимально ефективно використання згенерованої електричної енергії від СЕС об'єктами ДПТУ. Відсутнє обмеження генерації вказує на можливість досягнення максимально швидкого досягнення ROI (return of investments).

Перевіримо це на практиці, шляхом зіставлення фінансової моделі, в якості ціни за 1 кВт встановленої панельної потужності приймемо значення 350 \$, що відповідає ринковим цінам на початок січня 2025 року. Результати розрахунку приведені на рис. 3.17.

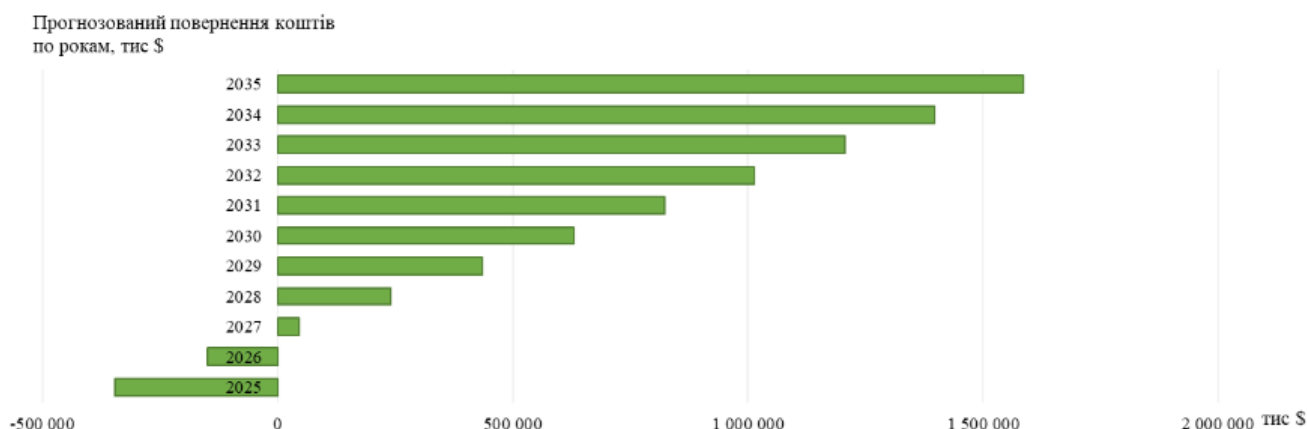


Рисунок 3.17 – ROI при встановленні СЕС потужністю 615 кВт АС

Приведена на рис. 3.17 залежність підтверджує теорію про доцільність використання СЕС в якості засобу для зменшення прямих витрат на оплату рахунків за електричну енергію. Даний досвід може масштабувати на інші об'єкти бюджетної сфери.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Важливим аспектом є проведення обов'язкової оцінки споживання енергії перед початком будь-якого проекту з впровадження ВДЕ.
2. Поєднання модернізації інфраструктури із впровадженням ВДЕ для досягнення максимального ефекту дозволяє досягти синкретичного ефекту.
3. Організація тренінгів для керівників, технічного персоналу, залучення студентів за відповідними навчальними програмами є фундаментом майбутнього.
4. Залучення інвестицій та співпраця з міжнародними донорами є наразі єдино-можливим вирішенням нагальних питань в ситуації невизначеності.
5. Впровадження СЕС є найефективнішим засобом використання інвестицій з ROI 2 роки в існуючій моделі тарифної політики (перспектива в зменшенні ROI до 1.5 року).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.EE2321.KPM.2025-ПЗ

Арк.

69

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетичний аудит: навч. посіб. для вузів / Соловей О.І. та ін. Черкаси: ЧДТУ, 2005. 299 с.
2. Праховник А.В. Находов В.Ф., Борисенко О.В. Контроль ефективності енерговикористання - ключова проблема управління енергозбереженням *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2009. №8(66). С.41-54.
3. Методичні вказівки з аналізу технологічних витрат електроенергії та вибору заходів щодо їх зниження: галузевий нормативний документ / затв.: наказ Міністерства палива та енергетики України 09.06.04. № 300 / Мін-во палива та енергетики України. К., 2004. 159.
4. Міжгалузеві норми споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України: Затв.: Наказом Державного комітету України з енергозбереження 25.10.99 № 91 / Державний комітет України з енергозбереження. К., 2000.
5. Методика проведення енергетичного аудиту закладів освіти. Загальні положення. Порядок проведення: методичні вказівки / Дешко В.І. та ін. К., 2009. 75с.
6. Кузнецов В. Г. Підходи до оцінки потенціалу енергозбереження у системах електропостачання залізниць. *ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТРАНСПОРТУ "Транселектро– 2011"* : матеріали V міжнародної науково-практичної конференції. Дніпропетровськ: ДНУЖТ, 2011.С.38-40.
7. Сиченко, В. Г. Кузнецов В.Г., Босий Д.О. Підвищення ефективності споживання електроенергії в університеті. *Нові технології енергопостачання та енергозбереження у промисловості та ЖКГ*: матеріали 2-ї науково-практичної конференції. Дніпропетровськ, 2007.С.36-37.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15.ЕЕ2321.КРМ.2025-ПЗ

Арк.

70

8. Пшінько О.М., Сиченко В.Г., Яценко Д.К., Кузнецов В.Г. Підвищення ефективності споживання електроенергії в університеті. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2012. №10. С.30-35.
9. Інструкція з охорони праці під час виконання електромонтажних робіт на висоті / затв.: наказ Мінпраці 05.06.01. № 254 / Мін-во праці та соціальної політики України. К., 2001. 4 с.
10. Кулаєв Ю.Ф. Методи економічної оцінки інвестиційних проектів на транспорті: учеб.-метод. посібник. К.: Транспорт України, 2001. 182 с.
11. Прокопенко В.В. Закладний О.М., Кульбачний П.В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: навч. посіб. для вузів. К: Освіта України, 2009. 438 с.
13. Маляренко В.А. Енергетика і навколишнє середовище . Х.: САГА, 2008. 364 с.
14. Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2009 році / Єрмілов С.Ф. та ін. К.: НАЕР, 2009. 58с.
15. Державна політика енергозбереження країн європейського союзу / Національний Університет Біоресурсів і Природокористування України. К., 2012. 33 с.
16. Збірник нормативно-правових актів України та правових актів Європейського союзу у сфері енергозбереження / Міжнародний центр енергоефективних технологій. Київ, 2004. 459 с.
17. Кузнецов В.Г., Антонов А.В. Результати енергетичного обстеження ДНУЗТ. *Енергозбереження на залізничному транспорті та промисловості*: Тез. доп. IV міжнарод. наук.-практ. конф., червень 2012 р. Д: ДНУЗТ, 2013р. С. 52-54.
19. Бакалін Ю.І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент [Текст]: Навчальний посібник. Харків: БУРУН і К, 2006. 320 с.

					02.15.ЕЕ2321.КРМ.2025-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71