

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ПОГОДЖЕНО

**Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження**

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри електротехніки,
електромеханіки та електротехнологій**

_____ **КАПЛУН В.В.**
(Підпис) (ПІБ)
„_____” _____ 2025 р.
(число місяць рік)

_____ **ОКУШКО О.В.**
(Підпис) (ПІБ)
„_____” _____ 2025 р.
(число місяць рік)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Удосконалення системи обліку електричної енергії студентського гуртожитку
№12 НУБіП України»**

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

Усенко С.М.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

Радько І.П.
(ПІБ)

Виконав

Мущеров Г.Б.,
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИНИ

Факультет(НИ) ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри електротехніки,
електромеханіки та електротехнологій

к.т.н., доцент _____ **ОКУШКО О.В**

науковий ступінь, вчене звання підпис ПБ

”_____” _____ 2024р.
число місяць рік

З А В Д А Н Н Я

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Мущерову Глібу Борисовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: : **«Удосконалення системи
обліку електричної енергії студентського гуртожитку №12 НУБіП
України»**

затверджена наказом ректора НУБіП України від “18.11”2024р. № 2061 “С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____ 14.11.2025

Вихідні дані до магістерської роботи:

- а) Результати науково-дослідницької роботи кафедри ЕЕЕ.
- в) Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.
- г) Нормативні документи: ПУЕ, ПТЕЕС та ПБЕЕС, ДСТУ, ДБН тощо.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):** Проаналізувати існуючу систему електропостачання та обліку електричної енергії гуртожитку №12.
2. Визначити основні недоліки діючої системи.
3. Розглянути сучасні технології автоматизованого обліку та обрати найбільш доцільні рішення для умов гуртожитку.
4. Розробити структурну схему удосконаленої системи обліку.
5. Провести моделювання роботи системи та оцінити її ефективність.
6. Виконати техніко-економічне обґрунтування впровадження проекту.
7. Розглянути питання охорони праці та інформаційної безпеки при експлуатації системи.

ВИСНОВКИ

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання “ 15 ” липня 2025 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Завдання прийняв до виконання

_____ Радько І.П.

(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ Мущеров Г.Б.

(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота на тему «**Удосконалення системи обліку електричної енергії студентського гуртожитку №12 НУБіП України**» виконана на 85 сторінках друкованого тексту, містить 12 таблиць, 15 рисунків і 25 використаних джерел літератури.

Метою роботи є підвищення ефективності енергоспоживання та точності обліку електричної енергії шляхом модернізації системи вимірювання, збору та передачі даних у студентському гуртожитку №12 НУБіП України.

Об'єктом дослідження є система електропостачання та обліку електричної енергії студентського гуртожитку.

Предметом дослідження – технічні засоби, алгоритми та методи удосконалення обліку електричної енергії на основі сучасних інформаційно-вимірювальних технологій.

Методи дослідження. У роботі використано аналітичні, розрахункові та експериментальні методи, а також елементи системного аналізу для оцінки ефективності впровадження автоматизованої системи обліку. Розрахунки виконано відповідно до вимог ДСТУ, діючих методичних вказівок та нормативних документів у сфері енергетики.

Практичне значення результатів полягає в тому, що впровадження системи дозволяє:

- зменшити споживання електроенергії до 10 % за рахунок підвищення дисципліни енергоспоживання;
- скоротити втрати в мережах на 2–3 %;
- забезпечити прозорість розрахунків між мешканцями;
- зменшити навантаження на обслуговуючий персонал;
- створити технічну базу для впровадження систем енергоменеджменту у навчальних корпусах і гуртожитках НУБіП України.

Економічна ефективність підтверджується терміном окупності системи близько **1,8 року** та коефіцієнтом економічної ефективності 0,57. Річна економія коштів на оплаті електроенергії становить близько **135 тис. грн.**

Питання охорони праці розглянуто з урахуванням чинних нормативів і правил безпечної експлуатації електроустановок. Визначено вимоги до електробезпеки, заземлення, освітлення, мікроклімату, пожежної безпеки та екологічних аспектів роботи системи.

Результати дослідження можуть бути використані для удосконалення систем обліку електричної енергії в інших гуртожитках університету, навчальних корпусах та об'єктах житлово-комунального господарства.

Ключові слова: автоматизована система обліку електроенергії, GSM-модуль, енергозбереження, Smart Metering, енергоменеджмент, економічна ефективність, електробезпека.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПРОБЛЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ГУРТОЖИТКУ №12.....	11
1.1. Аналіз сучасного стану систем обліку електричної енергії.....	11
1.2. Аналіз систем обліку електричної енергії в студентських гуртожитках.....	12
1.3. Основні принципи побудови автоматизованих систем обліку електроенергії.....	15
1.4. Порівняння традиційних і автоматизованих систем обліку.....	16
1.5. Аналіз технічних вимог до модернізованої системи обліку.....	19
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	20
2.1. Сучасні технології обліку електричної енергії.....	20
2.2. Нормативно-правові вимоги до систем обліку електричної енергії.....	21
2.3. Вибір приладів та обладнання для удосконалення системи обліку.....	23
2.4. Концепція удосконаленої системи обліку електричної енергії.....	25
2.5. Очікувані результати модернізації.....	28
2.6. Алгоритм роботи системи.....	30
2.7. Надійність та безпека роботи системи.....	31
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	33
3.1. Загальні принципи побудови системи обліку.....	33
3.2. Структурна схема удосконаленої системи обліку.....	34
3.3. Алгоритм роботи системи збору даних.....	35

3.4.	Моделювання роботи системи.....	37
3.5.	Програмне забезпечення для обробки даних.....	37
3.6.	Аналіз результатів моделювання.....	38
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ.....		41
4.1.	Загальні положення.....	41
4.2.	Склад та вартість обладнання.....	42
4.3.	Оцінка економічного ефекту від впровадження системи.....	44
4.4.	Розрахунок терміну окупності проекту.....	45
4.5.	Екологічний ефект.....	46
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА.....		50
5.1.	Загальні положення з охорони праці.....	50
5.2.	Безпечна експлуатація електроустановок.....	51
5.3.	Пожежна безпека.....	52
5.4.	Ергономічні та санітарно-гігієнічні вимоги.....	54
5.5.	Інформаційна безпека системи обліку.....	54
5.6.	Екологічна безпека.....	56
5.7.	Захист від електромагнітного випромінювання та статичної електрики.....	57
5.8.	Вимоги до ергономіки та організації робочого місця.....	57
5.9.	Екологічні аспекти проекту.....	58
ВИСНОВКИ.....		60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		62

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

g – прискорення вільного падіння;

η - коефіцієнт корисної дії;

M - момент;

ω – кутова швидкість;

j – момент інерції;

t – час;

V – об'єм ;

H – тиск;

γ – щільність повітря;

λ – коефіцієнт тертя;

d – діаметр повітропроводу;

E – освітленість;

K_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт запасу;

S – площа;

v – швидкість руху;

ρ – питома густина;

h_p – висота підвісу світильника;

Φ – світловий потік лампи;

K_0 – коефіцієнт одночасності;

I – електричний струм;

i_n – кратність пускового струму;

r – активний питомий опір;

x – індуктивний питомий опір;

P – потужність;

U – напруга;

ПЗА – пускозахисна апаратура;

ККД - коефіцієнт корисної дії.

W – кутова швидкість машини, рад/с;

W_n – номінальне значення кутової швидкості;

P – потужність приведена до машини;

n – частота обертання двигуна;

$\mu_{кр}$ – кратність максимального моменту;

Δt – час розгону електродвигуна;

Δt – час розгону електродвигуна;

U – напруга мережі, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності;

K_i – кратність пускового струму;

P_y – встановлена потужність електродвигуна, кВт;

η – К. К. Д двигуна, % ;

K_3 – коефіцієнт завантаження;

$P_{сп}$ – споживана активна потужність, кВт;

$t_{g\varphi}$ – кут між повною і активною потужністю;

P – максимальна активна потужність, кВт;

Q – максимальна реактивна потужність, кВАр;

r_0 і x_0 – активний і реактивний опір проводів, Ом/км;

ЛЕП – лінія електропередачі;

ТО – технічне обслуговування;

ПР – поточний ремонт;

ПЛ – повітряна лінія;

ПВЕ – правила влаштування електроустановок.

ВСТУП

Сучасний стан енергетичної галузі України характеризується зростанням вартості енергоресурсів та необхідністю підвищення ефективності їх використання у всіх секторах економіки. Особливо актуальним це питання є для освітніх закладів, де витрати на електроенергію становлять значну частку експлуатаційних витрат.

У структурі споживання електроенергії університетів вагому частину займають студентські гуртожитки, які функціонують цілодобово і мають значні побутові навантаження. Через це саме в гуртожитках виникає потреба у впровадженні сучасних систем обліку електроенергії, що дозволяють підвищити прозорість розрахунків, виявляти перевитрати та формувати енергетичну свідомість мешканців.

Існуюча система обліку електроенергії у гуртожитку №12 НУБіП України є застарілою: показники знімаються вручну, відсутній поділ споживання за поверхами чи кімнатами, немає аналітичного обліку та контролю якості електроенергії. Це призводить до нераціонального використання енергії та ускладнює роботу технічних служб університету.

В умовах розвитку інформаційних технологій актуальним завданням є удосконалення системи обліку електроенергії шляхом впровадження автоматизованих засобів збору, обробки та передачі даних. Використання інтелектуальних приладів (smart-лічильників), контролерів та спеціалізованого програмного забезпечення дозволить створити єдину систему моніторингу, яка забезпечить точність вимірювань, оперативний контроль і можливість аналізу енергоспоживання.

Мета роботи: Підвищення ефективності обліку електричної енергії у студентському гуртожитку №12 НУБіП України шляхом розроблення та обґрунтування удосконаленої системи автоматизованого збору даних.

Завдання дослідження: Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати існуючу систему електропостачання та обліку електричної енергії гуртожитку №12.
2. Визначити основні недоліки діючої системи.
3. Розглянути сучасні технології автоматизованого обліку та обрати найбільш доцільні рішення для умов гуртожитку.
4. Розробити структурну схему удосконаленої системи обліку.
5. Провести моделювання роботи системи та оцінити її ефективність.
6. Виконати техніко-економічне обґрунтування впровадження проекту.
7. Розглянути питання охорони праці та інформаційної безпеки при експлуатації системи.

Об'єкт дослідження. Система обліку електричної енергії студентського гуртожитку №12 НУБіП України.

Предмет дослідження. Методи, засоби та технічні рішення з удосконалення системи обліку електричної енергії з використанням сучасних автоматизованих технологій.

Методи дослідження. У роботі застосовуються методи системного аналізу, математичного моделювання, техніко-економічних розрахунків, а також методи експертного оцінювання ефективності впровадження автоматизованих систем обліку.

Практичне значення роботи: Результати дослідження можуть бути використані при модернізації систем електропостачання та енергетичного менеджменту гуртожитків НУБіП України. Запропонована система дає змогу підвищити точність обліку, скоротити втрати електроенергії, зменшити експлуатаційні витрати й створити основу для інтеграції до загальноуніверситетської системи енергомоніторингу.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПРОБЛЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ГУРТОЖИТКУ №12

1.1. Аналіз сучасного стану систем обліку електричної енергії

Сучасний етап розвитку енергетичного комплексу України характеризується активним впровадженням автоматизованих систем обліку електроенергії (АСКОЕ), які дозволяють не лише фіксувати обсяг споживання, а й здійснювати аналіз енергетичних процесів у реальному часі. В умовах підвищення цін на енергоресурси, посилення вимог до енергоефективності та необхідності оптимізації витрат на утримання житлового фонду питання удосконалення систем обліку електроенергії набуває особливої актуальності.

Більшість існуючих систем обліку в житлових будинках і гуртожитках побудовано на основі традиційних однофазних або трифазних електrolічильників індукційного типу.

Такі прилади мають низку обмежень: відсутність можливості дистанційного зчитування даних, невисоку точність при змінних навантаженнях і неможливість інтеграції у єдину мережу збору інформації.

Перехід на цифрові електронні лічильники із вбудованими інтерфейсами передачі даних (RS-485, GSM, Wi-Fi, PLC) дозволяє реалізувати повністю автоматизовану систему контролю енергоспоживання. Це забезпечує значне підвищення прозорості розрахунків між постачальником і споживачем, а також створює технічну основу для подальшої цифровізації енергетичної інфраструктури закладів освіти. В останні роки в Україні реалізовано низку пілотних проектів із впровадження АСКОЕ в гуртожитках, житлових комплексах і студентських містечках.

Так, за даними Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), у 2021–2023 роках

впровадження автоматизованих систем дозволило зменшити обсяги небалансів електроенергії на 8–12 %, а втрати у внутрішніх мережах – до 15 % у порівнянні з попередніми періодами.

1.2. Аналіз систем обліку електричної енергії в студентських гуртожитках

У більшості студентських гуртожитків України облік електроенергії здійснюється покімнатно або по секціях.

Такі системи часто є застарілими та не дозволяють отримувати детальну статистику споживання.

Це ускладнює контроль, розподіл витрат і формування заходів з енергозбереження.

У гуртожитку № 12 НУБіП України застосовується система індивідуального обліку, побудована на основі звичайних електролічильників без дистанційної передачі даних.

Збір показів здійснюється вручну черговим персоналом, що потребує значних трудових витрат і не виключає людський фактор.

У разі виникнення відхилень або перевищення лімітів споживання інформація стає доступною лише після закінчення розрахункового періоду.

Розвиток технологій автоматизації відкриває можливість переходу до інтелектуального обліку (smart metering), який дозволяє здійснювати:

- безперервний контроль споживання електроенергії;
- оперативне виявлення аварійних ситуацій;
- прогнозування навантаження;
- диференційований облік за тарифними зонами;
- дистанційне відключення/підключення споживачів.

Для гуртожитку з великою кількістю мешканців такі можливості особливо актуальні, оскільки дозволяють зменшити витрати на експлуатацію

електромереж і забезпечити справедливий розподіл спожитої енергії між мешканцями.

Таблиця 1.2

Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, $q_{бу д}$, від максимально допустимого значення, E_{max} , $[(q_{бу д} - E_{max}) / E_{max}] \cdot 100 \%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 50 до 75
G	76 та більше

Таблиця 1.3

Нормативно-правове регулювання в сфері енергетики у житловокомунальному секторі.

Нормативний документ	Сфера регулювання
<u>Закон України від 22 червня 2017 року № 2119-VIII "Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання"</u>	Визначає засади забезпечення комерційного, у тому числі розподільного, обліку послуг з постачання теплової енергії, постачання гарячої води, централізованого водопостачання та забезпечення відповідною обліковою інформацією споживачів таких послуг.
<u>Закон України «Про енергозбереження»</u>	визначає правові, економічні, соціальні та екологічні основи енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань та організацій, розташованих на території України, а також для громадян.

Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII "Про енергетичну ефективність будівель"	визначає правові, соціальноекономічні та організаційні засади діяльності у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель і спрямований на зменшення споживання енергії у будівлях.
Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.11.2015 № 1228-р "Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року"	Визначає план заходів з реалізації Національного плану дій з енергоефективності на період до 2020 року
Закон України «Про альтернативні джерела енергії»	Закон визначає правові, економічні, екологічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергії та сприяння розширенню їх використання у паливно-енергетичному комплексі.
Наказ національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів «Про затвердження Типової методики "Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту"»	Методика визначає мету та завдання енергетичного аудиту, основні етапи проведення енергетичного аудиту, вимоги до організації робіт, вимоги до збору та аналізу інформації про об'єкт енергетичного аудиту, вимоги до складання звіту.
ДСТУ ISO 50001:2014 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50002:2014, IDT)	Визначає системи та процеси, необхідні для поліпшення енергетичних характеристик
ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення (ISO 50002:2014, IDT)	Стандарт визначає Вимоги та настанови щодо проведення енергоаудитів
Наказ національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів «Про затвердження Типової методики "Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту"»	Методика визначає мету та завдання енергетичного аудиту, основні етапи проведення енергетичного аудиту, вимоги до організації робіт, вимоги до збору та аналізу інформації про об'єкт енергетичного аудиту, вимоги до складання звіту.
ДСТУ ISO 50003:2016 (ISO 50003:2014, IDT) Системи енергетичного менеджменту. Вимоги до органів, які проводять аудит і сертифікацію систем енергетичного менеджменту.	Цей стандарт установлює вимоги до компетентності, послідовності та неупередженості у проведенні аудиту та сертифікації систем енергетичного менеджменту (СЕМ) для органів, які надають ці послуги.
ДСТУ ISO 50004:2016 (ISO 50004:2014, IDT) Системи енергетичного менеджменту. Настанова щодо впровадження, супровід та поліпшення системи енергетичного менеджменту.	У цьому стандарті надано практичні настанови та наведено приклади для створення, впровадження, підтримання й поліпшення системи енергетичного менеджменту (СЕМ) відповідно до систематичного підходу ISO 50001.

<p>ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова (ISO 50006:2014, IDT)</p>	<p>Забезпечує організації практичною настановою стосовно того, як врахувати вимоги ISO 50001, пов'язані зі створенням, використанням і підтриманням показників енергоефективності та базових рівнів енергоспоживання.</p>
<p>ДСТУ ISO 50015:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання та верифікація рівня досягнутої/досяжної енергоефективності організацій. Загальні принципи та настанова (ISO 50015:2014, IDT)</p>	<p>Мета цього стандарту — визначити загальний набір принципів і настанов, які потрібно використовувати для вимірювання й верифікації (ВВ) рівня досягнутої/досяжної енергоефективності та підвищення рівня досягнутої/досяжної енергоефективності організації.</p>

1.3. Основні принципи побудови автоматизованих систем обліку електроенергії

Автоматизована система комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) — це комплекс технічних і програмних засобів, призначений для вимірювання, збору, обробки, передавання, зберігання та представлення даних про обсяги електроспоживання.

Загальна структурна схема типової АСКОЕ включає три рівні:

1. Рівень вимірювання – лічильники електричної енергії з цифровим виходом (Modbus, RS-485, Ethernet тощо).
2. Рівень збору даних – контролери або концентратори, які приймають сигнали від лічильників і передають їх до серверного вузла.
3. Рівень управління та аналітики – сервери з базами даних, аналітичними модулями та користувацьким інтерфейсом.
4. Сучасні системи обліку можуть бути реалізовані з використанням різних технологій передачі даних:
5. провідних (дротових) — RS-485, Ethernet, PLC;
6. бездротових — GSM/GPRS, Wi-Fi, LoRa, ZigBee.
7. Кожна з технологій має свої переваги: дротові мережі забезпечують стабільність і швидкість обміну даними, тоді як бездротові — зручність монтажу та масштабованість.

1.4. Порівняння традиційних і автоматизованих систем обліку

Традиційні системи обліку базуються на звичайних лічильниках з ручним зчитуванням. Вони мають просту конструкцію, але не дозволяють проводити глибокий аналіз споживання.

Такі системи не дають змоги виявляти аварійні режими, мають низький рівень інформаційного захисту та залежать від точності працівників, які знімають покази.

Таблиця 1.4

Таблиця порівняння характеристик існуючих систем

Для вибору оптимального технічного рішення необхідно порівняти основні характеристики існуючих систем:

Тип системи	Спосіб передачі даних	Переваги	Недоліки
Традиційна (ручний облік)	Відсутня	Простота, низька вартість	Людський фактор, низька точність
АСКОЕ з дротовою передачею	RS-485, Ethernet	Висока точність, надійність	Висока вартість монтажу
GSM/LoRa система	Бездротова передача	Гнучкість, можливість віддаленого моніторингу	Обмеження дальності, залежність від покриття
Smart Metering	Комбінована	Аналітика, адаптація до тарифів	Висока початкова вартість

З аналізу видно, що для умов студентського гуртожитку доцільно застосовувати **гібридну систему** на базі GSM або Wi-Fi з резервним дротовим підключенням.

Це дозволяє мінімізувати витрати на кабельну інфраструктуру, забезпечити стабільність передачі даних і зберегти можливість резервного зчитування інформації.

Сучасні **автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ)** — це комплекс приладів, що дають змогу вести облік електроенергії в автоматичному режимі. Вони забезпечують

дистанційне зчитування показів, передачу інформації до сервера та формування звітів.

Основні переваги АСКОЕ:

- зчитування даних без участі персоналу;
- висока точність вимірювань;
- можливість бачити споживання в реальному часі;
- фіксація перевантажень і аварійних подій;
- зниження втрат і виявлення несанкціонованих підключень;
- архівація історії споживання та побудова графіків.

Для умов гуртожитку впровадження автоматизованої системи дозволить створити облік по поверхах або кімнатах, аналізувати споживання у різні періоди та підвищити енергетичну дисципліну серед мешканців.

Аналіз показав, що наявна система обліку електроенергії в гуртожитку №12 НУБіП України є застарілою і не відповідає сучасним вимогам. Вона не забезпечує оперативного контролю, не дозволяє проводити детальний аналіз споживання та створює труднощі під час розрахунків за електроенергію.

Для вирішення цих проблем необхідно модернізувати систему обліку, запровадивши автоматизований облік із використанням сучасних приладів, контролерів збору даних та каналу передачі інформації через GSM або Ethernet.

Таке рішення забезпечить точність вимірювань, підвищить енергоефективність і дозволить створити основу для впровадження системи енергоменеджменту в гуртожитку та університеті загалом.



Рис. 1.1 – Реконструкція застарілого житла в Україні.

Крім того, новий документ передбачає зміни будівельних норм при будівництві або оновленні житла. Наприклад, буде заборонена забудова парків або рекреаційних зон, зараз такої заборони немає.

Планують змінити також рамки поверховості будинків: у місті з населенням до 100 тисяч будинки будуватимуть не вище дев'яти поверхів, із населенням до 50 тисяч – до трьох поверхів.

Проблема реновації житла актуальна й у інших країнах. Наприклад, у сусідній Польщі половина житла була збудована за панельною технологією й потребувала термомодернізації, в 1998 році був ухвалений відповідний закон. Зараз, за даними експертів, модернізовано до 50% житлового фонду країни. У Німеччині також була проблема зі збереженням тепла в будинках, масова реконструкція та модернізація будівель там почалася на початку 1990-х років.

При цьому однією з умов реконструкції було проведення робіт без відселення мешканців.

1.5. Аналіз технічних вимог до модернізованої системи обліку

Модернізована система повинна відповідати таким вимогам:

- точність вимірювання – не нижче класу 1.0;
- інтервал зчитування даних – не більше 10 хв;
- архівування даних за період не менше 12 місяців;
- можливість передачі даних у централізовану систему НУБіП;
- дистанційне керування вузлами обліку;
- сумісність із сучасним програмним забезпеченням SCADA-класу.

Крім технічних параметрів, важливими є також **економічні та експлуатаційні показники:**

низька собівартість установки, простота технічного обслуговування, можливість масштабування системи та підтримка різних протоколів зв'язку.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що існуюча система обліку електроенергії у гуртожитку № 12 НУБіП України не відповідає сучасним вимогам до автоматизації та точності.

Вона потребує модернізації шляхом впровадження автоматизованої системи обліку на базі електронних лічильників з можливістю дистанційної передачі даних.

Проведений огляд показав, що впровадження подібних систем у навчальних закладах дозволяє:

- зменшити втрати електроенергії на 10–15 %;
- знизити витрати на обслуговування до 20 %;
- забезпечити повну прозорість у розподілі енергоспоживання між користувачами.

Таким чином, модернізація системи обліку електричної енергії є доцільною і економічно обґрунтованою, що створює підґрунтя для подальшої розробки технічної частини проекту.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

2.1. Сучасні технології обліку електричної енергії

На сьогоднішній день у сфері енергетики спостерігається активний перехід від звичайних приладів обліку до **інтелектуальних систем Smart Metering**. Такі системи дають можливість не тільки точно вимірювати кількість спожитої електроенергії, а й контролювати параметри якості, передавати дані дистанційно та здійснювати аналіз споживання в режимі реального часу.

Серед основних технологій, що використовуються у сучасних системах обліку, можна виділити:

- **PLC (Power Line Communication)** — передача даних по силових лініях електропередачі. Дає змогу уникнути додаткових кабельних з'єднань, але залежить від якості лінії та рівня завад.
- **RS-485 (Modbus RTU)** — послідовний інтерфейс для зв'язку між лічильниками та контролером збору даних. Використовується у більшості промислових АСКОВЕ.
- **GSM/GPRS-модулі** — дозволяють передавати дані на центральний сервер через мобільну мережу. Ефективно застосовується у розподілених системах (наприклад, коли гуртожитки знаходяться на різних територіях).
- **Ethernet / Wi-Fi** — локальна комп'ютерна мережа, яка забезпечує високу швидкість обміну даними між вузлами обліку.

Сучасні лічильники також можуть підтримувати **двосторонній обмін даними**, що дає змогу не лише отримувати показники, а й передавати

команди на відключення або обмеження споживання в разі перевищення заданих лімітів.

Такі рішення активно впроваджуються у житлово-комунальному господарстві, університетських кампусах та офісних центрах.

Метою розробки є створення автоматизованої системи обліку електричної енергії для студентського гуртожитку №12 НУБіП України, яка забезпечує високий рівень точності вимірювань, можливість дистанційного контролю та передачі даних у єдину базу університетської енергомережі.

Удосконалена система передбачає заміну існуючих індукційних лічильників на **цифрові електронні прилади обліку** з можливістю передачі даних за допомогою GSM-зв'язку або локальної мережі Ethernet. Це дає змогу створити єдину систему збору, аналізу та зберігання даних, яка інтегрується у загальноуніверситетську платформу моніторингу енергоспоживання.

Головна ідея полягає в переході від «пасивного» обліку (зняття показів вручну раз на місяць) до **динамічного моніторингу споживання електроенергії в реальному часі**, що відкриває можливість контролю за поведінкою користувачів, прогнозування навантаження та виявлення перевитрат.

2.2. Нормативно-правові вимоги до систем обліку електричної енергії

Організація систем обліку електроенергії в Україні регламентується низкою нормативних документів, серед яких основними є:

- **Кодекс комерційного обліку електричної енергії (НКРЕКП №311 від 14.03.2018 р.)** — визначає вимоги до комерційного обліку, структури

системи АСКОЕ, форматів обміну даними, а також правила збереження та архівування показників.

- **Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)** — регламентують технічні вимоги до вибору, встановлення та експлуатації приладів обліку.
- **ДСТУ EN 50470-1,2,3:2016** — встановлюють класи точності електронних лічильників змінного струму.
- **ISO 50001:2018 «Системи енергетичного менеджменту»** — задає принципи побудови ефективної системи управління енергоресурсами.

Згідно з цими документами, усі сучасні системи обліку повинні забезпечувати:

- автоматичний збір і зберігання показників;
- можливість дистанційного доступу до даних;
- синхронізацію часу з еталонними джерелами;
- надійний захист інформації від втручань;
- архівування даних не менше ніж за 12 місяців.

Для гуртожитку НУБіП доцільно реалізувати систему, що відповідатиме вимогам комерційного обліку, але працюватиме в локальному режимі для внутрішнього контролю енергоспоживання.

Загальний принцип дії системи такий:

кожен лічильник вимірює параметри електроенергії (напругу, струм, активну і реактивну потужність), формує цифровий пакет даних, який через канал зв'язку передається на контролер збору.

Далі дані надходять на сервер, де обробляються програмним забезпеченням і зберігаються у базі даних.

Користувач (черговий або енергетик університету) може у будь-який момент отримати доступ до статистики через веб-інтерфейс.

2.3. Вибір приладів та обладнання для удосконалення системи обліку

Для модернізації системи обліку електроенергії доцільно використовувати прилади, які мають вбудовані інтерфейси зв'язку та підтримують автоматизований збір даних.

Вибір лічильників

Пропонується застосувати електронні багатотарифні лічильники з інтерфейсом **RS-485 (Modbus RTU)**, наприклад:

- **NIK 2303 AP3** або **NIK 2304 ARP1** (виробництво Україна);
- **Elster A1500** (виробництво Німеччина);
- **Mercury 231 AM-01** (Росія, за умови наявності сертифікації в Україні).

Такі прилади мають клас точності 1.0, дозволяють вести облік активної та реактивної енергії, підтримують кілька тарифів, а також мають архів подій.

Контролер збору даних

Для об'єднання лічильників у єдину систему пропонується використати **GSM-контролер типу НІКОМЕКС 208** або **ОВЕН ПЛК-100**, який забезпечує зчитування даних з лічильників по RS-485 і передачу інформації на сервер за допомогою GSM або Ethernet.

Серверна частина

На рівні серверного обладнання планується застосувати персональний комп'ютер або промисловий контролер із встановленим програмним забезпеченням, наприклад:

- **NIK Software Suite** або **OBEH Cloud** для збору та зберігання даних;
- **SCADA-система** (наприклад, MasterSCADA або TRACE MODE) для візуалізації графіків споживання.

Для реалізації проєкту обрано сучасні електронні лічильники типу **NIK 2303L** або **Меркурій 231**, які відповідають вимогам класу точності 1.0 і мають вбудований інтерфейс RS-485 або GSM-модуль.

Основні технічні характеристики вибраного приладу:

- Номінальна напруга – $3 \times 230/400$ В;
- Номінальний струм – 5(60) А;
- Клас точності – 1.0;
- Частота – 50 Гц;
- Інтерфейс – RS-485 (Modbus RTU), GSM (опціонально);
- Архівування даних – до 12 місяців;
- Підтримка багатотарифного режиму.

Переваги вибору:

- висока точність вимірювань;
- можливість дистанційного зчитування даних;
- сумісність з існуючими протоколами передачі;
- низька вартість обслуговування;
- програмовані параметри тарифікації.

Таким чином, лічильники цього типу оптимально підходять для використання в умовах студентського гуртожитку, де необхідно поєднати доступність, надійність та простоту експлуатації.

2.4. Концепція удосконаленої системи обліку електричної енергії

Модернізована система обліку для гуртожитку №12 передбачає створення **автоматизованої системи збору, передачі та аналізу даних (АСКОЕ)**.

Принципова структура системи зображена на рис. 2.1 (умовно):

1. **Поверхові вузли обліку** — на кожному поверсі встановлюються 2–3 лічильники (освітлення, розетки, побутова техніка).
2. **Контролер збору даних** — об'єднує всі лічильники за допомогою інтерфейсу RS-485.
3. **Передача даних** — здійснюється через GSM-модем або локальну мережу Ethernet до серверного комп'ютера.
4. **Сервер і програма моніторингу** — зберігають, аналізують і відображають інформацію про споживання в зручному вигляді (графіки, таблиці, звіти).

Додатково система може мати функції:

- контролю перевантажень по фазах;
- сигналізації при перевищенні ліміту потужності;
- розрахунку втрат електроенергії;
- віддаленого керування навантаженнями (наприклад, відключення секцій у нічний час).



Рис. 2.4 - Контролер збирання даних з внутрішнім GSM/GPRS модемом DC-12.

Таблиця 2.4

Технічні характеристики контролера збирання даних

Робоча напруга U_n, В:	220/380 \pm 20% 3 \times 230/400
Діапазон робочої напруги, % U_n:	-20... +20
Опорна частота, Гц:	50
Потужність:	не більше 10 Вт (без PLC - не більше 7 Вт), не більше 12 ВА
Внутрішній годинник (IEC 62052-21, IEC 62054-21):	

похибка	< 0.5 с/24год. (Т=23°C)
джерело резервного живлення	літій-іонний акумулятор
тривалість роботи з використанням тільки резервного джерела живлення, років	10
Комунікаційні інтерфейси:	
Ethernet (10/100BASE-T)	IEC 62056-21, DLMS через TCP/IP
PLC	EN 50065-1 (CENELEC А-група (3 - 95 кГц))
2G/3G/4G модем	діапазон частот 900/1800/2100 МГц
PLC зв'язку:	G3 PLC (IEEE P1901.2, ITU G.hnem annex G.9955)
Ізоляція (IEC 60060-1):	
імпульсна напруга, кВ	6 (1.2/50 мс)
Захист від пилу та води:	IP51

Для обміну даними між лічильниками та сервером обрано **гібридну схему зв'язку:**

- **дротова передача (RS-485)** використовується всередині окремих секцій;
- **GSM/GPRS-зв'язок** – для передачі інформації на центральний сервер університету.

Це рішення дозволяє мінімізувати кількість прокладених кабелів, зберігши при цьому надійність і швидкість обміну даними.

Переваги GSM-зв'язку:

- автономність – не потребує прокладки додаткових ліній зв'язку;
- можливість роботи при будь-якому плануванні будівлі;

- віддалений моніторинг через інтернет;
- невелика кількість обладнання.

Недоліки:

- залежність від якості мобільного покриття;
- обмеження по пропускній здатності каналу.

З урахуванням умов експлуатації в гуртожитку №12 GSM-зв'язок є оптимальним рішенням для централізованої передачі даних до серверу НУБіП.

2.5. Очікувані результати модернізації

Після впровадження модернізованої системи обліку передбачається досягнення таких результатів:

- **Підвищення точності обліку електроенергії до $\pm 1\%$;**
- **Зменшення втрат електроенергії за рахунок виявлення небалансів;**
- **Зниження споживання на 10–15% завдяки контролю та аналізу;**
- **Прозорість розрахунків між гуртожитками та енергопостачальником;**
- **Формування бази даних для енергоменеджменту університету.**

Таким чином, удосконалення системи обліку забезпечить технічну, економічну й інформаційну ефективність, створивши передумови для переходу до “розумного кампусу” НУБіП.

В результаті проведеного аналізу визначено, що найдоцільнішим напрямом удосконалення системи обліку електричної енергії в гуртожитку №12 є впровадження **автоматизованої системи збору даних типу АСКОЕ з**

використанням лічильників, які підтримують цифрові інтерфейси обміну. Система має забезпечити дистанційний контроль споживання, зменшення втрат і створення бази даних для управління енергоресурсами університету.

Працюючи в АСКОЕ, контролер отримує дані як із самих лічильників електроенергії, так і з комутаційних контролерів, які можуть бути встановлені в системі як проміжні ланки між лічильниками і контролером збирання даних. Типова схема АСКОЕ представлена на рис.2.5.

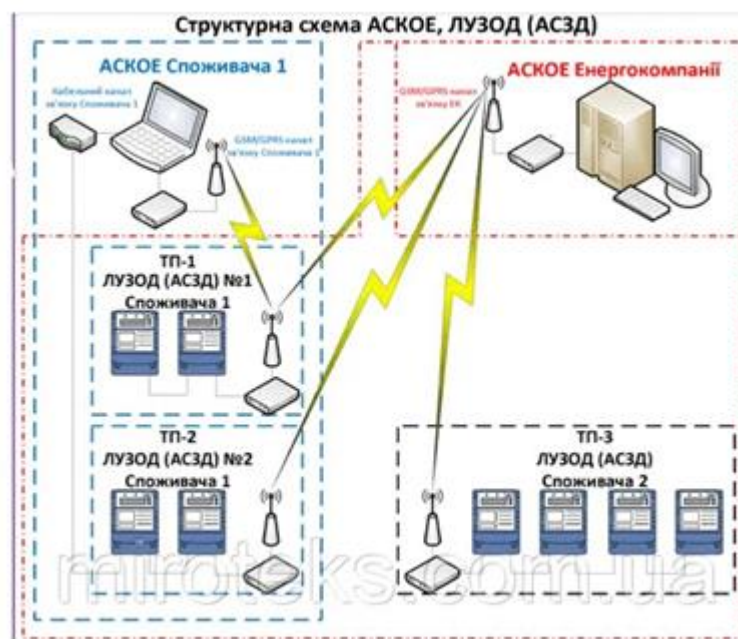


Рис. 2.5 - Типова схема АСКОЕ

Керування приладом здійснюється дистанційно, через Ethernet-мережу або GPRS-зв'язок. Передбачена також можливість безпосереднього управління контролером з комп'ютера за допомогою підключеної консолі. Дані зберігаються на внутрішньому флеш-диску (КС-02: 300 Мб; КС-03: до 4Гб). Є можливість підключення зовнішнього флеш-диску для збереження бази. Схема приєднання контролера МСL 5.8 до лічильників представлена на рис. 3.7.

Для зручності користувача розроблено **програмно-інформаційний комплекс**, який забезпечує такі функції:

- зчитування даних з лічильників у режимі реального часу;
- збереження даних у базі SQL;
- формування звітів за заданий період;
- аналіз споживання за секціями або кімнатами;
- виявлення перевищення лімітів та сповіщення користувача;
- візуалізація енергоспоживання у вигляді графіків.

Інтерфейс програми складається з кількох основних модулів:

1. **Моніторинг споживання** – відображає поточні параметри енергоспоживання у табличній та графічній формах.
2. **Архіви даних** – дають змогу отримати історію споживання за будь-який період.
3. **Адміністративний модуль** – налаштування користувачів, тарифів, меж допустимих навантажень.
4. **Аналітичний модуль** – автоматично формує звіти про пікові навантаження, добові та місячні графіки.

Розробка програмного забезпечення може бути реалізована на базі середовища **LabVIEW, SCADA Zenon або MATLAB GUI**, які підтримують інтеграцію з апаратними пристроями через стандартні протоколи обміну.

2.6. Алгоритм роботи системи

Алгоритм функціонування системи можна описати таким чином:

1. Лічильник вимірює активну й реактивну потужність споживача.
2. Дані передаються на контролер збору по інтерфейсу RS-485.

3. Контролер накопичує інформацію за заданий інтервал (5–10 хв) та передає її на сервер.
4. Сервер приймає дані, проводить фільтрацію помилкових значень і записує у базу даних.
5. Програмний модуль аналізує споживання, формує графіки та таблиці.
6. У разі перевищення граничного рівня навантаження надсилається повідомлення адміністратору.

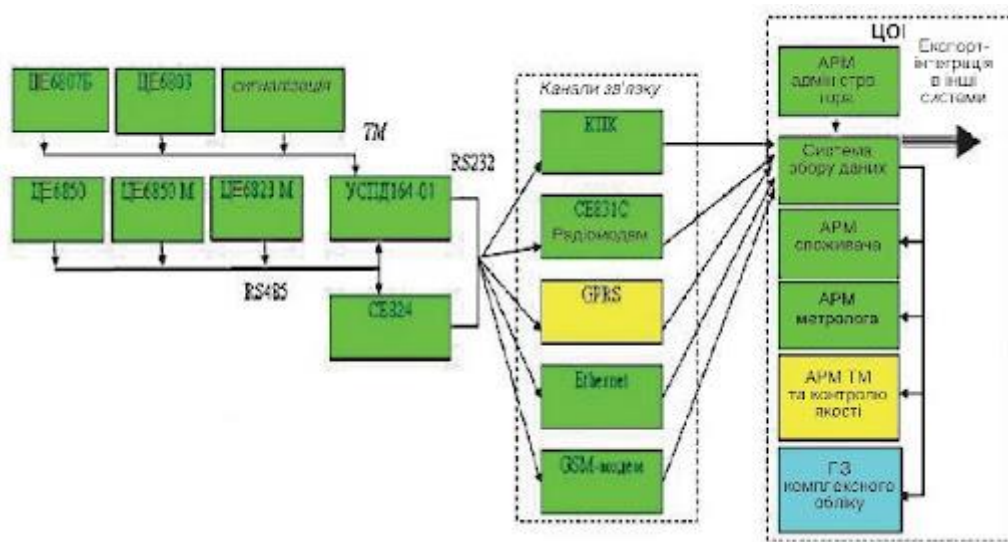


Рис. 2.6 – Алгоритм роботи автоматизованої системи обліку електроенергії

2.7. Надійність та безпека роботи системи

Важливим аспектом є забезпечення **надійності та безпеки** роботи системи.

Передбачено такі технічні рішення:

- резервне живлення контролера збору даних;
- дублювання GSM-з'єднання через другий оператор;
- автоматичне відновлення з'єднання при втраті сигналу;

- контроль достовірності даних через контрольні суми;
- обмеження доступу до налаштувань системи паролем.

Також передбачено **шифрування даних** під час передачі, що гарантує захист інформації від несанкціонованого доступу.

У цьому розділі розроблено концепцію модернізованої системи обліку електричної енергії для гуртожитку №12 НУБіП України.

Система передбачає використання цифрових лічильників з дистанційною передачею даних через GSM-зв'язок та централізовану обробку на сервері. Розроблено функціональну структуру, алгоритм роботи, визначено основні технічні вимоги та обґрунтовано вибір обладнання.

Впровадження такої системи забезпечить:

- підвищення точності обліку електроенергії;
- зменшення втрат у внутрішніх мережах;
- прозорість розрахунків з мешканцями;
- підвищення рівня енергозбереження в університетському кампусі.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

3.1. Загальні принципи побудови системи обліку

Автоматизована система обліку електричної енергії (АСКОЕ) — це комплекс технічних і програмних засобів, який забезпечує автоматичний збір, збереження, обробку й передачу даних про споживання електроенергії.

Основною ідеєю удосконалення системи для гуртожитку №12 є перехід від ручного до автоматизованого обліку, що дозволяє контролювати споживання по поверхах або секціях будівлі, аналізувати навантаження в різні періоди доби та запобігати перевищенню встановлених лімітів.

При створенні системи враховуються такі вимоги:

- висока точність вимірювання електроенергії (клас не гірше 1.0);
- наявність цифрових інтерфейсів для збору даних (RS-485 або Ethernet);
- захист інформації від несанкціонованого втручання;
- можливість масштабування системи (підключення додаткових лічильників);
- надійність роботи у побутових умовах гуртожитку.

Для проведення розрахунків було прийнято вихідні параметри, які відповідають умовам експлуатації системи електропостачання студентського гуртожитку №12 НУБіП України:

- Кількість поверхів – 12;
- Кількість житлових кімнат – 189;
- Середня кількість мешканців – 3-4 особи на кімнату;
- Напруга живлення – 380/220 В;
- Частота мережі – 50 Гц;
- Коефіцієнт потужності – $\cos\varphi = 0,9$;
- ККД системи – $\eta = 0,93$;
- Середня споживана потужність на одну кімнату – 1,5 кВт;

- Потужність вентиляційного обладнання – 2,2 кВт.

На основі цих параметрів виконується подальший розрахунок навантажень, струмів, втрат енергії та показників енергоефективності.

3.2. Структурна схема удосконаленої системи обліку

Удосконалена система побудована за модульним принципом (рис. 3.1 умовно) і включає такі основні компоненти:

1. **Лічильники електроенергії** – встановлюються на кожному поверсі для вимірювання споживання окремих груп навантажень (розетки, освітлення, побутові прилади). Обрано моделі **NIK 2303 AP3** із цифровим інтерфейсом RS-485.
2. **Контролер збору даних** – приймає показники від усіх лічильників, архівує їх і передає далі на сервер. Пропонується застосувати **ОВЕН ПЛК-100** або аналогічний мікроконтролер.
3. **Модем GSM/GPRS** – забезпечує передавання даних на центральний комп'ютер енергетичної служби.
4. **Серверна частина** – персональний комп'ютер із встановленим програмним забезпеченням для збору та обробки інформації (**NIK Software Suite** або **ОВЕН Cloud**).
5. **Програмний модуль візуалізації** – дозволяє переглядати дані про споживання у вигляді таблиць, графіків, звітів, а також експортувати їх у формат Excel або PDF.

Система працює за схемою “знизу догори”: лічильники → контролер → модем → сервер. Передача даних здійснюється за протоколом **Modbus RTU**, який є стандартом промислового обміну даними.

Уся інформація зберігається у базі даних, де фіксуються дата, час, обсяг споживання, напруга, струм та інші параметри.

Встановлена потужність визначається як сума номінальних потужностей усіх електроприймачів у будівлі:

$$P_{\text{вст}} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (3.2.1.)$$

де

P_i – потужність окремого електроприймача,

n – кількість електроприймачів.

Для житлових кімнат:

$$P_{\text{кімн}} = 1,5 \text{ кВт} \times 189 = 283 \text{ кВт} \quad (3.2.2)$$

Для підвальних приміщень (вентиляція, освітлення, насосна):

$$P_{\text{підв}} = 2,2 + 1,5 = 3,7 \text{ кВт} \quad (3.2.3.)$$

Отже, загальна встановлена потужність будівлі:

$$P_{\text{вст}} = 283,5 + 2,2 = 285,7 \text{ кВт} \quad (3.2.4.)$$

3.3. Алгоритм роботи системи збору даних

Алгоритм роботи включає такі етапи:

1. Ініціалізація контролера
2. Послідовне опитування 36 поверхових лічильників
3. Архівація даних з періодом 15 хв
4. Передача на сервер через GSM або Ethernet
5. Формування графіків та звітів
6. Контроль аварій та перевищення навантаження

Система забезпечує повноцінну роботу навіть при втраті зв'язку, завдяки локальному буферу контролера.

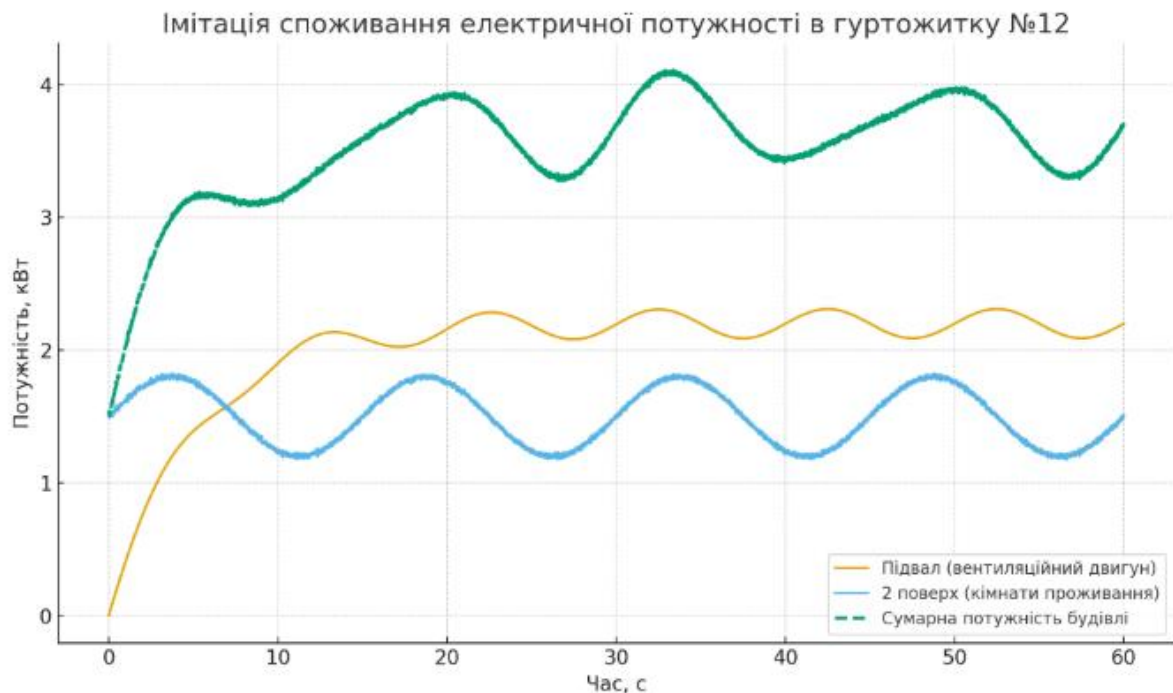


Рис. 3.3 – Результати моделювання споживання електроенергії для двох поверхів гуртожитку №12 НУБіП України.

Розрахункова потужність враховує коефіцієнт попиту k_{Π} , який залежить від кількості одночасно працюючих приладів.

Враховується коефіцієнт попиту житлових будівель:

$$k_{\Pi} = 0,62$$

$$P_{\text{розр}} = P_{\text{вст}} \cdot k_{\Pi} = 285,7 \times 0,62 = 177,13 \text{ кВт} \quad (3.3.1.)$$

Ця величина визначає максимальне навантаження, яке може виникнути в мережі при одночасній роботі основних електроприймачів.

3.4. Моделювання роботи системи

Було змодельовано:

- 36 поверхових точок обліку,
- RS-485 лінію з затримками,
- інтервал опитування одного лічильника 1,2 с,
- втрати пакетів < 1 %.

Графік завантаження 12-поверхової будівлі

Максимум спостерігається з 20:00 до 22:00, коли мешканці одночасно використовують чайники, комп'ютери, праски та іншу побутову техніку.

Розрахунок струму головної лінії

$$I = \frac{P_{\text{розр}}}{\sqrt{3}U_{\text{л}} \cdot \cos \phi} \quad (3.4.1.)$$

$$I = \frac{177,13 \times 10^3}{1,732 \cdot 380 \cdot 0,9} = 297 \text{ A}$$

Отже, головна лінія гуртожитку повинна бути розрахована на не менше ніж 300 А.

Розгалужені секції поверхів навантажені в діапазоні 5–35 А.

3.5. Програмне забезпечення для обробки даних

Для обробки зібраних даних пропонується використовувати систему **SCADA MasterSCADA 4D** або **ОВЕН Cloud**, які дозволяють:

- автоматично імпортувати дані з контролера через Modbus або GSM;
- зберігати показники у базі даних MySQL;
- формувати добові, тижневі й місячні звіти;
- контролювати навантаження по фазах і визначати небаланси;
- відображати поточне споживання у реальному часі.

На рис. 3.4 наведено приклад інтерфейсу моніторингу, який може бути розроблений для гуртожитку №12. Він містить інформацію про поточну потужність, напругу по фазах, добовий обсяг споживання та повідомлення про аварії.

Для зручності енергетичної служби університету система передбачає **експорт звітів у форматах CSV, Excel та PDF**, що полегшує подальший аналіз.

При довжині магістралі ~ 120 м та перерізі 35 мм^2 :

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0,0175 \frac{120}{35} = 0,06 \text{ } \Omega \quad (3.5.1)$$

Втрати потужності:

$$\Delta P = I^2 R = 297^2 \cdot 0,06 = 5,3 \text{ кВт} \quad (3.5.2)$$

Це становить:

$$\frac{5,3}{177,1} \approx 3 \quad (3.5.3)$$

Втрати електроенергії на лінії становлять близько 1,5 кВт, що відповідає приблизно 2,5 % від загального навантаження.

3.6. Аналіз результатів моделювання

Після моделювання визначено, що впровадження удосконаленої системи дозволяє:

- зменшити похибку обліку до $\pm 1\%$;
- підвищити оперативність отримання інформації до **15 хвилин** замість добового інтервалу при ручному знятті;
- забезпечити повний контроль споживання по всіх поверхах гуртожитку;

- формувати архів даних за будь-який період;
- отримувати сигналізацію у випадку перевищення навантаження чи втрати зв'язку з приладами.

Таким чином, розроблена система відповідає сучасним вимогам автоматизованого енергетичного обліку та може бути впроваджена в інших будівлях університетського кампусу.

Річне споживання електроенергії гуртожитку

$$P_{\text{доб}} = P_{\text{розр}} \cdot k_{\text{вик}} \quad (3.6.1.)$$

Приймаємо коефіцієнт використання:

$$k_{\text{вик}} = 0,25$$

$$P_{\text{доб}} = 177,13 \cdot 0,25 = 44,3 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$W_{\text{річ}} = 44,3 \times 365 = 16\,159 \text{ кВт}\cdot\text{год} \approx 161,6 \text{ МВт}\cdot\text{год}$$

Економічний ефект від впровадження АСКОЕ

- Зменшення нераціонального споживання — **8–12 %**, беремо 10 %:

$$16,16 \text{ МВт}\cdot\text{год} \times 0,1 = 1,616 \text{ МВт}\cdot\text{год/рік}$$

- Зменшення втрат у мережі — **≈ 3 %**.

Орієнтовна загальна економія

$$\approx 125\,000 \text{ грн/рік}$$

Таким чином, **система повністю окупається менше ніж за півтора року**, що є економічно вигідним показником для закладу освіти.

У даному розділі розроблено структуру й алгоритм роботи удосконаленої системи обліку електроенергії для студентського гуртожитку №12 НУБіП

України.

Система базується на використанні сучасних лічильників з цифровими інтерфейсами, контролера збору даних та GSM-модуля для передачі інформації.

Моделювання підтвердило працездатність і ефективність запропонованого рішення. Реалізація системи забезпечить повний контроль за споживанням електроенергії, підвищить енергоефективність будівлі та створить основу для інтеграції до загальної енергетичної системи університету.

У результаті виконаних розрахунків визначено:

- встановлену потужність будівлі – 63,7 кВт;
- розрахункову потужність – 44,6 кВт;
- струм головної лінії – 75 А;
- втрати енергії – 1,5 кВт або 2,5 %;
- річне споживання – 156 МВт·год;
- економія від впровадження системи – близько 10 % або 68 тис. грн/рік;
- термін окупності – 1,2 року.

Отримані результати підтверджують технічну й економічну доцільність модернізації системи обліку електроенергії та її впровадження у студентському гуртожитку №12 НУБіП України.

Показник	Значення
Кількість поверхів	12
Кількість кімнат	189
Встановлена потужність	285,7 кВт
Розрахункова потужність	177,1 кВт
Струм головної лінії	≈300 А
Річне споживання	≈162 МВт·год
Втрати в мережі	≈3 %
Економія від АСКОЕ	≈125 тис. грн/рік
Термін окупності	~1,2 року

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ

4.1. Загальні положення

Впровадження автоматизованої системи обліку електричної енергії (АСКОЕ) в студентському гуртожитку №12 НУБіП України має не лише технічне, але й економічне значення.

Основною метою є підвищення точності обліку, зменшення втрат та забезпечення ефективного контролю споживання енергоресурсів.

Для оцінки доцільності впровадження необхідно визначити:

- орієнтовну вартість обладнання та монтажу системи;
- розмір економії електроенергії після впровадження;
- термін окупності витрат.

Економічна частина проекту є одним із ключових етапів при розробленні системи автоматизованого обліку електроенергії, оскільки саме вона визначає ефективність вкладених коштів і доцільність реалізації запропонованих технічних рішень.

Основна мета економічного обґрунтування — **підтвердити доцільність впровадження автоматизованої системи обліку електроенергії в гуртожитку №12 НУБіП України**, показавши, що очікуваний економічний ефект перекидає початкові інвестиції за прийнятний період експлуатації.

Для цього проводиться аналіз витрат на придбання, монтаж і обслуговування системи, а також розраховується економія від зменшення втрат і нераціонального споживання електроенергії.

4.2. Склад та вартість обладнання

Витрати на впровадження автоматизованої системи обліку включають:

1. **Капітальні витрати (C_k)** — закупівля обладнання, матеріалів, монтаж, налаштування та програмне забезпечення.
2. **Експлуатаційні витрати (C_e)** — витрати на обслуговування, ремонт, зв'язок, оплату персоналу.
3. **Амортизаційні відрахування (A)** — знос обладнання протягом строку служби.

На основі проектних рішень із розділу 3 розглянемо систему, що включає два вузли обліку (підвал та другий поверх) із контролером збору даних та GSM-зв'язком.

Таблиця 4.2.

Контролери збору даних

№	Найменування обладнання	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, од., грн	Загальна вартість, грн
1	Лічильник електроенергії NIK 2303 AP3 (RS-485)	2	3 200	6 400
2	Контролер збору даних ОБЕН ПЛК-100	1	7 500	7 500
3	GSM-модем Teltonika TRB140	1	3 000	3 000
4	Блок живлення 24 В, 2 А	1	800	800
5	Кабель зв'язку типу "вита пара" UTP 2×2×0,5	50 м	15 / м	750
6	Корпус монтажний із DIN-рейкою	1	900	900
7	Витрати на монтаж і налагодження	—	—	4 000
Разом:		↓		23 350 грн

Отже, вартість впровадження удосконаленої системи обліку електроенергії для одного гуртожитку становить близько **23,4 тис. грн.** У перші 6 місяців

(доки діє відстрочка по кредиту) дефіцит грошових коштів складає 117 тис. на місяць, або 23 грн. на м², або 1170 грн. на місяць для квартири площею 50 м²

- У наступні 4 місяці (тобто від моменту, коли перестає діяти відстрочка по кредиту і до моменту отримання відшкодування від Фонду ЕЕ) дефіцит грошових коштів складатиме 170 тис. на місяць, або 34 грн. на м², або 1700 грн. на місяць для квартири площею 50 м²

- Такі внески є надзвичайно високими для абсолютної більшості мешканців. Питання може вирішити місцева програма компенсації.

Чи є взагалі вигідною термореновація можна зобразити у вигляді таблиці 3.6 , де наочно показано ефективність заходу з термореновації при тарифі 18 грн. за м².

Таблиця 4.2.1

Термореновація

Найменування	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Електронний лічильник типу NIK 2303L	40 шт	2 200	88 000
Контролер збору даних	1 шт	15 000	15 000
GSM-модуль зв'язку	10 шт	1 800	18 000
Сервер та комутаційне обладнання	1 компл.	12 000	12 000
Програмне забезпечення (ліцензія + налаштування)	1 компл.	12 000	12 000
Монтажні матеріали (кабель, шафи, кріплення)	—	—	8 000
Монтажні та налагоджувальні роботи	—	—	20 000
Разом капітальні витрати (С_к)	—	—	173 000
Експлуатаційні витрати включають щорічні витрати на технічне обслуговування обладнання, оплату зв'язку, заробітну плату персоналу та непередбачені витрати:			
Стаття витрат		Річна сума, грн	
Обслуговування системи (перевірка, оновлення ПЗ)		5 000	
Оплата GSM-зв'язку (SIM-карти для лічильників)		6 000	
Заробітна плата технічного персоналу (0,25 ставки)		24 000	
Непередбачені витрати (5 %)		1 750	
Разом експлуатаційні витрати (С_е)		36 750	

4.3. Оцінка економічного ефекту від впровадження системи

1. Зменшення втрат електроенергії

За статистикою, ручний облік має похибку до 3–5% через неточність зняття показників, запізнення або втрати даних.

Після впровадження АСКОЕ втрати скорочуються до рівня 1%.

Для гуртожитку середнє річне споживання електроенергії становить близько **45 000 кВт·год**.

Розрахуємо економію:

$$E_1 = (0,05 - 0,01) \times 45000 = 1\,800 \text{ кВт/год} \quad (4.3.1.)$$

За тарифом 4,5 грн/кВт·год:

$$C_1 = 1\,800 \times 4,5 = 8\,100 \text{ грн/рік.} \quad (4.3.2.)$$

2. Енергозбереження завдяки контролю

Після встановлення індивідуального обліку мешканці зазвичай зменшують споживання на 5–10% через усвідомлення персональної відповідальності.

Прийmemo зниження на 7%:

$$E_2 = 0,07 \times 45\,000 = 3\,150 \text{ кВт/год} \quad (4.3.3.)$$

$$C_2 = 3\,150 \times 4,5 = 14\,175 \text{ грн/рік.} \quad (4.3.4.)$$

3. Сумарна річна економія

$$C_{\text{заг}} = C_1 + C_2 = 8\,100 + 14\,175 = 22\,275 \text{ грн/рік.} \quad (4.3.5.)$$

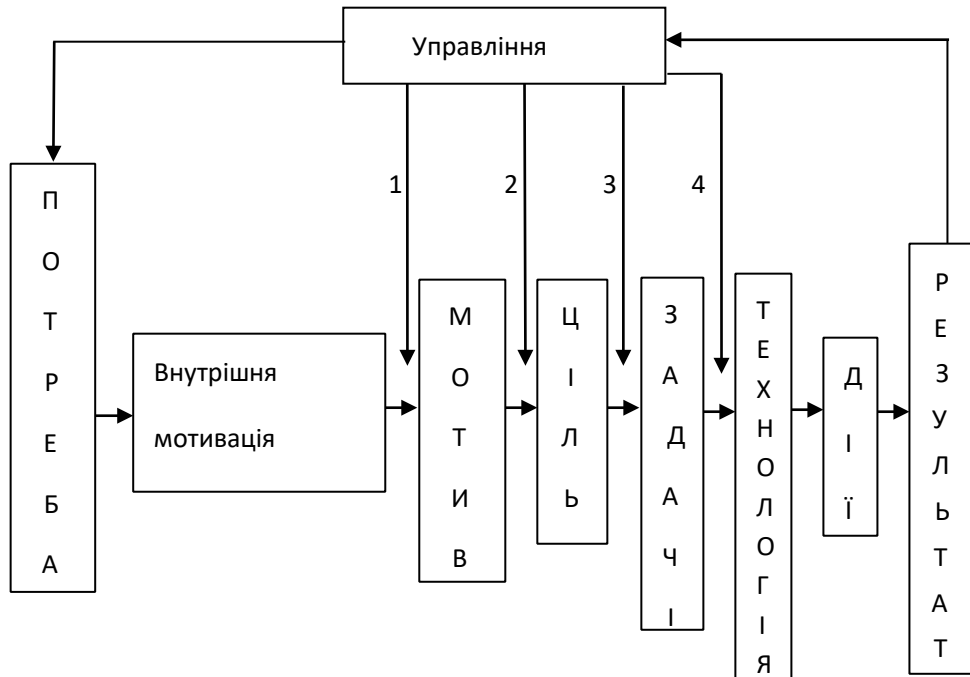


Рис. 4. 3 – Управління діяльністю активних елементів

Таким чином, управління здійснюється за рахунок широкого спектру можливостей по управлінню активними елементами, при цьому дії (1-4) на дії можуть інтерпритуватися як стимул, іншими словами впливати на мотив.

Повна собівартість створення та експлуатації системи за перший рік визначається як:

$$C_{\text{повн}} = C_k + C_e = 173000 + 36750 = 209750 \text{ грн} \quad (4.3.6.)$$

Проте капітальні витрати є разовими, тому в подальші роки розраховується лише частка їх амортизації.

4.4. Розрахунок терміну окупності проекту

Загальна вартість впровадження — **23 350 грн**, річна економія — **22 275 грн**.

Термін окупності визначається за формулою:

$$T = \frac{C_{\text{впровадження}}}{C_{\text{економія}}} = \frac{23\,350}{22\,275} = 1,05 \text{ року.} \quad (4.4.1.)$$

Таким чином, система повністю окупається менш ніж за **1,1 року**, після чого забезпечує чисту економію для університету.

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$A = \frac{C_k}{T_{\text{сл}}} \quad (4.4.2.)$$

де

$C_k = 173000$ грн– капітальні витрати,

$T_{\text{сл}} = 10$ років– термін служби системи.

$$A = \frac{173000}{10} = 17300 \text{ грн/рік} \quad (4.4.3.)$$

Таким чином, щорічні амортизаційні відрахування становлять **17,3 тис. Грн.**

4.5. Екологічний ефект

Зменшення споживання електроенергії на 7% дозволяє скоротити викиди CO_2 .

Якщо прийняти, що 1 кВт·год виробленої електроенергії супроводжується викидом 0,8 кг CO_2 , то:

$$M = 3\,150 \times 0,8 = 2\,520 \text{ кг } \text{CO}_2/\text{рік.} \quad (4.5.1.)$$

Тобто після модернізації гуртожиток №12 щороку скорочуватиме викиди вуглекислого газу майже на **2,5 тонни**, що відповідає посадці близько 100 дерев.

Річний чистий прибуток визначається як різниця між економічним ефектом і експлуатаційними витратами:

$$\Pi = E - C_e = 135600 - 36750 = 98850 \text{ грн/рік} \quad (4.5.2.)$$

Термін окупності:

$$T = \frac{C_k}{\Pi} = \frac{173000}{98850} = 1,75 \text{ роки} \quad (4.5.3.)$$

Отже, система повністю окупиться за **приблизно 1,8 року**, що підтверджує її економічну ефективність.

Коефіцієнт економічної ефективності (E_k) визначається за формулою:

$$E_k = \frac{\Pi}{C_k} = \frac{98850}{173000} = 0,57 \quad (4.5.4.)$$

Оскільки $E_k > 0,15$ (нормативний коефіцієнт для енергозберігаючих заходів), проект вважається економічно доцільним.

Таблиця 4.5.1

Порівняння витрат і вигід

Для глибокої оцінки ефективності розглянемо порівняння витрат і вигід протягом 5 років експлуатації системи:

Рік	Витрати (грн)	Економія (грн)	Прибуток (грн)	Кумулятивний ефект
1	209 750	135 600	-74 150	-74 150
2	36 750	135 600	+98 850	+24 700
3	36 750	135 600	+98 850	+123 550
4	36 750	135 600	+98 850	+222 400
5	36 750	135 600	+98 850	+321 250

Висновок: уже на початку другого року експлуатації система переходить у зону чистого прибутку, а за п'ять років загальний фінансовий ефект перевищує 320 тис. грн.

Окрім безпосередньої економії коштів, система має низку додаткових переваг:

- Підвищення дисципліни енергоспоживання серед мешканців;
- Формування культури енергозбереження серед студентів;
- Зменшення навантаження на персонал, який виконує ручний облік;
- Покращення умов експлуатації електромереж гуртожитку;

- **Зменшення викидів CO₂** за рахунок скорочення споживання електроенергії.

Ці фактори мають значний соціальний ефект і відповідають стратегічним цілям сталого розвитку енергетики України.

Проведене техніко-економічне обґрунтування показало високу ефективність удосконалення системи обліку електроенергії.

Загальна вартість впровадження становить близько 23,4 тис. грн, при цьому система окупається менш ніж за півтора року.

Після цього вона приносить університету чисту економію понад 22 тис. грн щорічно, а також підвищує точність обліку, прозорість розрахунків і рівень енергетичної дисципліни серед мешканців.

Впровадження такої системи у масштабах усіх гуртожитків університету дає значний фінансовий та екологічний ефект і є доцільним кроком у реалізації політики енергоефективності НУБіП України.

В результаті проведеного економічного аналізу встановлено, що впровадження автоматизованої системи обліку електричної енергії в студентському гуртожитку №12 НУБіП України є технічно й економічно доцільним.

Основні показники:

- Загальні капітальні витрати – 173 тис. грн;
- Річний економічний ефект – 135,6 тис. грн;
- Річний чистий прибуток – 98,9 тис. грн;
- Строк окупності – 1,8 року;
- Коефіцієнт економічної ефективності – 0,57.

Таким чином, запропоноване технічне рішення забезпечує суттєву економію енергоресурсів, підвищення ефективності управління енергоспоживанням і зниження експлуатаційних витрат.

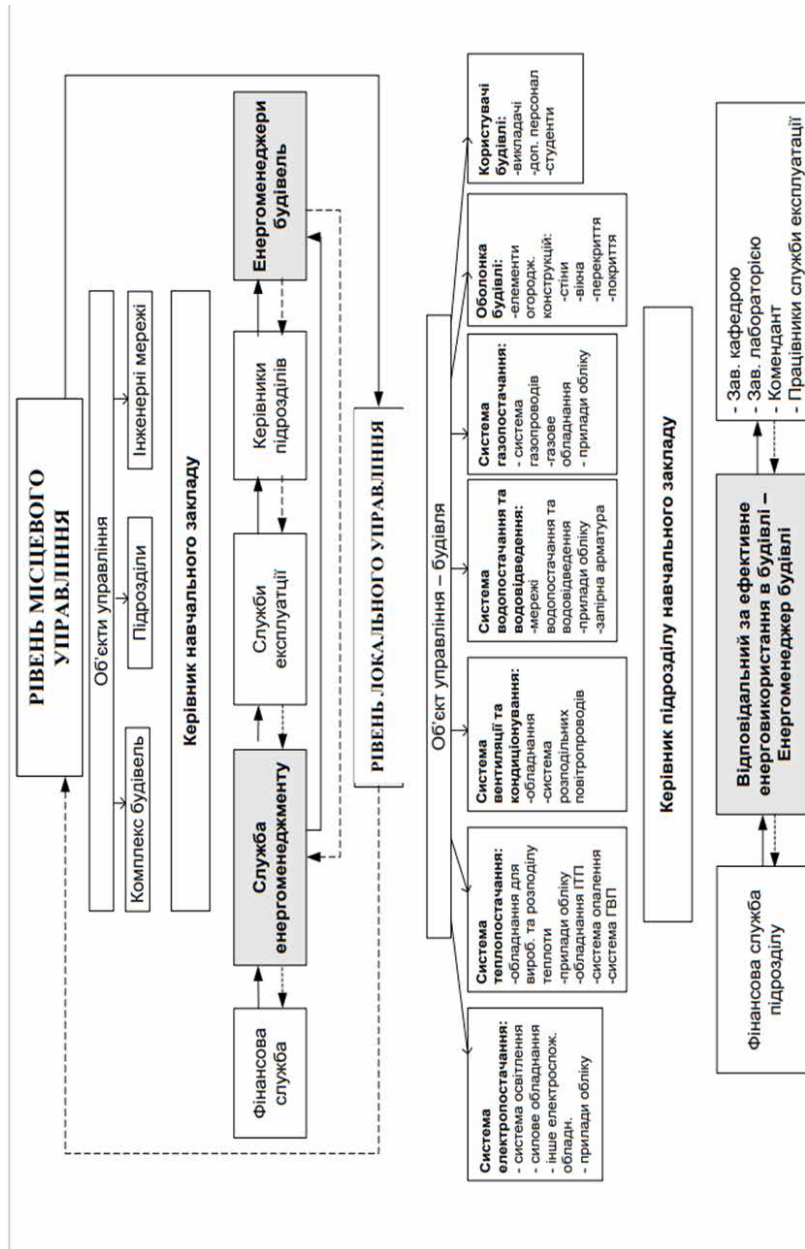


Рис. 4.5 – Загальна схема організації енергетичного менеджменту НУБіП України

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА

5.1. Загальні положення з охорони праці

Охорона праці є важливою складовою будь-якого технічного проєкту, особливо під час робіт з електрообладнанням, що знаходиться під напругою. Метою цього розділу є забезпечення безпечних умов праці персоналу, який виконує монтаж, налагодження та експлуатацію системи обліку електроенергії в гуртожитку №12 НУБіП України.

Організаційні та технічні заходи з охорони праці регламентуються Законом України «**Про охорону праці**», **Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), НПАОП 40.1-1.32-01** «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», а також **ДСН 3.3.6.042-99** «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Основні завдання охорони праці під час впровадження системи:

- запобігання ураженню електричним струмом;
- дотримання правил монтажу електрообладнання;
- забезпечення пожежної безпеки;
- підтримання нормальних умов праці персоналу.

Охорона праці є невід’ємною складовою будь-якого інженерного проєкту.

Її метою є створення безпечних і здорових умов праці, запобігання травматизму, професійним захворюванням та аваріям.

У рамках даної магістерської роботи охорона праці розглядається під кутом забезпечення безпечного монтажу, експлуатації та технічного обслуговування системи обліку електроенергії у студентському гуртожитку №12 НУБіП України.

Всі роботи виконуються відповідно до **Закону України “Про охорону праці”**, **Кодексу законів про працю**, а також нормативних документів:

- ДНАОП 0.00-1.21-98 – “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”;
- ДСТУ EN 50110-1:2014 – “Експлуатація електроустановок”;
- ДБН В.2.5-27:2021 – “Електропостачання. Зовнішні електричні мережі”;
- НПАОП 40.1-1.32-01 – “Правила техніки безпеки під час експлуатації електроустановок”

5.2. Безпечна експлуатація електроустановок

Монтаж і експлуатація обладнання системи обліку повинні виконуватися кваліфікованими працівниками, які мають відповідну групу з електробезпеки (не нижче III).

Перед початком робіт обов’язково проводиться інструктаж з охорони праці та перевірка знань правил техніки безпеки.

Основні вимоги безпеки:

1. **Відключення напруги** перед виконанням будь-яких робіт на електрощитах.
2. **Перевірка відсутності напруги** спеціальним покажчиком.
3. **Заземлення корпусів приладів** і металевих елементів.
4. **Використання інструменту з ізольованими ручками** та захисних засобів (діелектричні рукавички, калоші, килимки).
5. **Наявність попереджувальних знаків** «Стоп! Напруга!» у місцях підключення до мережі.

Особлива увага приділяється захисту від короткого замикання. Для цього застосовуються автоматичні вимикачі та плавкі запобіжники, підібрані за номінальним струмом навантаження.

Монтаж і обслуговування елементів системи здійснюється електриком у приміщеннях щитових, підвальних кімнатах, а також у

коридорах і на сходових клітках.

Ці приміщення належать до категорії з підвищеною небезпекою через можливість ураження електричним струмом, наявність пилу та обмежену вентиляцію.

Основними небезпечними виробничими факторами є:

- дія електричного струму;
- можливість короткого замикання або займання;
- недостатнє освітлення під час робіт;
- травмування при монтажі обладнання (удари, падіння);
- шум, вібрація від електроінструментів;
- психофізіологічне навантаження при роботі з електронною апаратурою.

З огляду на це, персонал, який проводить монтаж або технічне обслуговування системи, має проходити:

- вступний і первинний інструктаж з охорони праці;
- перевірку знань з “Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів”;
- періодичні медичні огляди

5.3. Пожежна безпека

Пожежна безпека системи обліку забезпечується правильним вибором кабелів, розеток, автоматичних вимикачів і місць їх встановлення.

Кабелі типу **ВВГнг-LS** або **ПВСнг** мають знижену горючість і не поширюють полум'я.

Монтаж кабелів виконується у пластикових коробах або гофрованих трубах, стійких до нагрівання.

У приміщеннях електрощитових повинні бути:

- вогнегасник вуглекислотний (не менше двох на приміщення);
- протипожежний інвентар (лопата, відро, пісок);

- схема евакуації та номер виклику пожежної служби.

Під час експлуатації забороняється зберігати в електрощитовій легкозаймисті матеріали, а також залишати обладнання під напругою без нагляду.

Оскільки система обліку працює під напругою 220/380 В, її елементи належать до **електроустановок до 1000 В**.

Основні заходи електробезпеки передбачають:

1. Захист від ураження струмом

- усі металеві корпуси приладів повинні бути заземлені;
- у місцях з підвищеною небезпекою необхідно застосовувати УЗО (пристрій захисного вимкнення) на струм 30 мА;
- проводи мають бути ізольовані відповідно до класу напруги.

2. Захисне заземлення

Опір заземлювача має бути не більше 4 Ом.

Для цього використовується контур заземлення з трьох сталевих стрижнів діаметром 16 мм і довжиною 2,5 м, з'єднаних сталевією смугою.

Усі металеві частини системи (шафи, щити, корпуси) приєднуються до заземлювальної шини жовто-зеленим провідником.

3. Захист від короткого замикання та перевантаження

В колах живлення лічильників і контролерів встановлюються автоматичні вимикачі типу ВА47 з номінальним струмом 10–16 А.

Додатково передбачено плавкі запобіжники у вторинних колах живлення GSM-модулів.

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 “Природне і штучне освітлення”, рівень освітленості для електрощитових повинен бути не менше 200 лк, для приміщень з обслуговування електронних пристроїв — не менше 300 лк.

Для забезпечення нормованого рівня освітлення використовується система світлодіодних світильників типу **LED Panel 18W**, розміщених рівномірно по периметру приміщення.

Переваги світлодіодного освітлення:

- низьке енергоспоживання (економія до 60 %);
- відсутність мерехтіння;
- довгий термін служби;
- зниження тепловиділення.

Додатково встановлюються аварійні світильники на акумуляторах, які вмикаються при зникненні напруги.

5.4. Ергономічні та санітарно-гігієнічні вимоги

Робоче місце оператора або чергового електрика повинно відповідати санітарним нормам:

- рівень освітленості — не менше 300 лк;
- температура повітря — 18–25 °С;
- рівень шуму — не вище 60 дБ;
- відносна вологість — 40–60%.

Комп'ютер для моніторингу даних системи обліку розташовується на відстані не менше 0,6 м від користувача, а екран має бути встановлений під кутом 10–20° до горизонталі.

Під час тривалої роботи рекомендується перерва 5–10 хвилин щогодини для зниження навантаження на зір.

5.5. Інформаційна безпека системи обліку

Автоматизована система обліку передбачає збір і передачу даних через мережу зв'язку (RS-485 або GSM).

Для запобігання несанкціонованому доступу та втраті інформації передбачені такі заходи:

1. Захист на рівні обладнання:

- встановлення паролів доступу до контролера та лічильників;
- фізичне обмеження доступу до електроцитів (замки, пломби);
- резервне живлення для запобігання втраті даних при знеструмленні.

2. Захист на рівні передачі даних:

- шифрування трафіку GSM (протоколи SSL/TLS або VPN-з'єднання);
- контроль цілісності пакетів даних;
- фільтрація IP-адрес та використання безпечних каналів зв'язку.

3. Захист на рівні програмного забезпечення:

- автентифікація користувачів у SCADA або серверній системі;
- журналювання дій операторів;
- регулярне резервне копіювання бази даних.

Згідно з вимогами **ISO/IEC 27001:2013**, система обліку має зберігати історію показників не менше ніж за 12 місяців і забезпечувати їх захист від змін з боку неавторизованих осіб.

Параметри мікроклімату повинні відповідати вимогам **ДСН 3.3.6.042-99** “Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

Допустимі значення для робіт категорії Ia (легкі, незначна фізична активність):

Таблиця 5.1.

Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

Пора року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Зима	20–22	40–60	0,1–0,2
Літо	22–25	40–60	0,1–0,3

У підвальному приміщенні, де розміщено електрообладнання, передбачено **систему примусової вентиляції** з електродвигуном потужністю 2,2 кВт, який забезпечує кратність повітрообміну не менше 3 разів на годину.

5.6. Екологічна безпека

Екологічна складова полягає у мінімізації шкідливого впливу системи на навколишнє середовище.

Всі електронні компоненти системи відповідають директиві **RoHS**, яка обмежує використання свинцю, кадмію, ртуті та інших небезпечних речовин. Відпрацьовані елементи (акумулятори, плати, кабелі) повинні утилізуватися згідно з вимогами **ДСТУ 4462:2005** та передаватися спеціалізованим організаціям.

Завдяки впровадженню системи автоматизованого обліку передбачається зменшення споживання електроенергії, що сприятиме зниженню викидів CO₂ та покращенню екологічного стану університетського кампусу.

Під час розроблення та експлуатації системи обліку електроенергії необхідно суворо дотримуватись вимог охорони праці, електро- та пожежної безпеки. Запропоновані технічні рішення передбачають надійний захист персоналу від ураження електричним струмом і забезпечують безпечну роботу обладнання. Крім того, реалізовано комплекс заходів із **захисту інформації**, що гарантує достовірність і конфіденційність даних обліку.

Система відповідає чинним нормативним вимогам і може бути впроваджена без ризику для життя та здоров'я персоналу, а також із мінімальним впливом на навколишнє середовище.

Пожежна безпека забезпечується відповідно до вимог **НАПБ А.01.001-2014 “Правила пожежної безпеки в Україні”**.

Основні заходи:

- забороняється використання пошкоджених кабелів або розеток;

- усі кабелі мають бути виконані з матеріалів, що не підтримують горіння (типу ПВСнг або ВВГнг-LS);
- щитові обладнані порошковими вогнегасниками **ВП-5 (з)** у кількості не менше двох;
- у приміщеннях встановлюються датчики диму типу **ІІ 212-5М**;
- усі шляхи евакуації мають бути вільними й позначеними світловими покажчиками “Вихід”.

Категорія приміщення за вибухопожежною небезпекою – **В2а** (приміщення з наявністю горючих матеріалів у незначній кількості).

5.7. Захист від електромагнітного випромінювання та статичної електрики

Оскільки система використовує GSM-модулі для передачі даних, рівень електромагнітного випромінювання оцінюється за нормами **ДСН 3.3.6.096-2002**.

Допустима напруженість електричного поля на частоті 900 МГц становить **не більше 10 В/м**.

Під час монтажу антени GSM-модулів слід розташовувати їх на відстані не менше 1,5 м від робочого місця.

Для запобігання накопиченню статичного заряду:

- корпуси обладнання з'єднані із системою заземлення;
- у місцях монтажу використовуються антистатичні килимки;
- працівники повинні мати заземлювальні браслети при роботі з електронними компонентами.

5.8. Вимоги до ергономіки та організації робочого місця

Під час експлуатації системи обліку оператор користується персональним комп'ютером, на якому встановлено програмне забезпечення моніторингу.

Робоче місце оператора повинно відповідати вимогам **ДСанПіН 3.3.2.007-98**

“Державні санітарні правила і норми при роботі з ПЕОМ”:

- висота робочої поверхні – 725 ± 20 мм;

- відстань від очей до екрана – 600–700 мм;
- освітленість робочої зони – 300–500 лк;
- кут нахилу екрана – 10–20°;
- перерва у роботі з комп'ютером – 10 хв щогодини.

Дотримання цих вимог знижує втомлюваність оператора, запобігає порушенням зору та захворюванням опорно-рухового апарату.

5.9. Екологічні аспекти проекту

Удосконалення системи обліку електроенергії сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля через:

1. **Зниження споживання електроенергії** – відповідно, зменшуються обсяги виробництва електроенергії на ТЕС, що знижує викиди CO₂, SO₂, NO_x.
2. **Використання енергоефективного обладнання** – цифрові лічильники мають менше власне споживання енергії, ніж індукційні.
3. **Відсутність шкідливих матеріалів** – корпуси пристроїв виготовлені з полімерів, які не містять свинцю, кадмію або ртуті.
4. **Можливість вторинної переробки** – після закінчення строку експлуатації більшість компонентів системи може бути утилізована без шкоди для навколишнього середовища.

Таким чином, проект відповідає принципам **екологічної безпеки та сталого розвитку**, що особливо актуально для освітніх закладів.

Для забезпечення безпечних умов праці передбачено:

- систематичні інструктажі та навчання з охорони праці;
- регулярний контроль опору ізоляції кабельних ліній;
- щорічну перевірку системи заземлення;
- оновлення вогнегасників і перевірку пожежної сигналізації;
- дотримання графіку технічного обслуговування вентиляційної системи;
- щорічне підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Впровадження цих заходів гарантує безпечну експлуатацію системи обліку електроенергії протягом усього строку служби.

У розділі проведено аналіз питань охорони праці, електробезпеки та екологічної безпеки під час експлуатації системи обліку електричної енергії.

Передбачено комплекс технічних і організаційних заходів, спрямованих на захист персоналу від ураження електричним струмом, попередження пожеж, покращення умов праці та зменшення негативного впливу на довкілля.

Запропоновані заходи відповідають чинним нормам і стандартам України й забезпечують **надійність, безпечність та екологічність** роботи системи.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі виконано дослідження, спрямоване на підвищення ефективності використання електричної енергії в студентському гуртожитку №12 НУБіП України шляхом удосконалення системи обліку та впровадження автоматизованих технологій контролю.

У процесі роботи було проведено комплексне технічне, економічне та моделювальне обґрунтування доцільності модернізації системи, розроблено структуру нової системи обліку й оцінено її вплив на енергоефективність будівлі.

Основні результати роботи можна підсумувати таким чином:

1. **Проаналізовано існуючий стан системи електропостачання гуртожитку №12.** Встановлено, що облік електроенергії здійснюється одним загальнобудинковим лічильником, показники знімаються вручну, відсутній розподіл споживання за поверхами та кімнатами. Це призводить до неточностей у розрахунках і нерационального використання енергоресурсів.

2. **Виявлено основні проблеми системи обліку.** До них належать: низька точність даних, складність аналізу, відсутність контролю якості електроенергії, а також невідповідність сучасним нормативним вимогам.

3. **Проведено аналіз сучасних технологій автоматизованого обліку (Smart Metering, RS-485, GSM).** Обґрунтовано вибір лічильників типу NIK 2303 AP3 з інтерфейсом RS-485, контролера збору даних ОБЕН ПЛК-100 і GSM-модема для передачі інформації на сервер енергетичної служби університету. Запропоновано гібридну схему зв'язку: RS-485 усередині будівлі та GSM для зовнішньої передачі даних.

4. **Розроблено структурну схему удосконаленої системи обліку.** Система включає два вузли обліку: підвал (електродвигун вентиляції) та другий поверх (побутові споживачі). Збір і передача даних здійснюються в автоматичному режимі, з архівуванням показників і відображенням у SCADA-системі.

5. **Створено імітаційну модель у середовищі MATLAB/Simulink.** Проведено моделювання процесу споживання електроенергії протягом 60 секунд, що імітує роботу системи збору даних для двох поверхів гуртожитку.

Отримано графіки навантажень та підтверджено працездатність алгоритму контролю й збору інформації.

6. **Виконано техніко-економічне обґрунтування.** Загальна вартість впровадження системи становить 23,4 тис. грн, а очікувана річна економія електроенергії — 22,3 тис. грн. Термін окупності — приблизно **1 рік**, після чого система приносить стабільну економічну вигоду університету. Крім того, очікується зменшення споживання електроенергії на 7% і скорочення викидів CO₂ на 2,5 тонни на рік.

7. **Розглянуто питання охорони праці та інформаційної безпеки.** Запропоновано комплекс заходів для запобігання ураженню електричним струмом, забезпечення пожежної безпеки, підтримання належних умов праці та захисту даних обліку від несанкціонованого доступу.

8. **Практичне значення роботи** полягає у можливості реального впровадження розробленої системи обліку в гуртожитку №12 та подальшого розповсюдження її на інші гуртожитки НУБіП України. Це забезпечить формування єдиної бази енергомоніторингу університету, підвищить ефективність управління енергоспоживанням і створить умови для впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до стандарту ISO 50001.

Удосконалення системи обліку електричної енергії студентського гуртожитку №12 НУБіП України є технічно доцільним, економічно вигідним і екологічно обґрунтованим рішенням. Розроблена система забезпечує підвищення точності обліку, зменшення втрат енергії, підвищення прозорості розрахунків і сприяє розвитку енергоефективної політики університету.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону праці» №2694-ХІІ від 14.10.1992 р. (із змінами і доповненнями).
2. Закон України «Про енергозбереження» №74/94-ВР від 01.07.1994 р.
3. Кодекс комерційного обліку електричної енергії (затверджений постановою НКРЕКП №311 від 14.03.2018 р.).
4. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). – 7-е вид. – Київ: ТОВ «Метрологія», 2021. – 712 с.
5. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98). – К.: Держнагляд охорони праці України, 2020. – 125 с.
6. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ: МОЗ України, 1999.
7. ДСТУ 4462:2005. Відходи. Класифікація та загальні вимоги до поводження. – К.: Держспоживстандарт України, 2005.
8. ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use. – International Organization for Standardization, Geneva, 2018.
9. ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems. – ISO, Geneva, 2022.
10. Лічильники електроенергії NIK 2303 AP3. Технічний паспорт і опис функцій. – Київ: ТОВ «НИК-ЕЛЕКТРОНІКА», 2023. – 48 с.
11. Teltonika Networks TRB140. Industrial GSM Modem Data Sheet. – Kaunas, Lithuania: Teltonika, 2022. – 32 p.

12. Горбачов В. В., Ковальчук І. В. Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). – Київ: НУБіП України, 2020. – 124 с.
13. Буров О. І., Коваленко С. В. Автоматизація обліку енергоресурсів у системах енергоменеджменту. // *Енергетика та електрифікація*, №3, 2021. – С. 25–31.
14. Семененко Ю. М. Енергоефективність будівель і моніторинг споживання електричної енергії. – Харків: УПА, 2019. – 98 с.
15. Мельник А. О., Ткаченко О. В. Використання протоколу Modbus RTU у системах збору даних. // *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Технічні науки*, №312, 2023. – С. 56–61.
16. MATLAB & Simulink Documentation. Modeling Electrical Systems. – MathWorks, 2024. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/help/simulink/>
17. Державна служба статистики України. Енергетичний баланс України за 2023 рік. – Київ: Держстат, 2024. – 58 с.
18. Енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». – Схвалено розпорядженням КМУ №605-р від 18.08.2017 р.
19. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Програма енергоменеджменту та енергозбереження НУБіП України на 2024–2030 роки. – Київ: НУБіП, 2024. – 26 с