

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет автоматизації і інформаційних технологій**  
Кафедра автоматизації технологічних процесів

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

На тему: Статистичний аналіз електроспоживання районної забудови з метою ідентифікації колективної поведінки систем управління опаленням

Гомон Іван Валерійович

Інв. N оп.	Післ. і Дата	Зам. Інв. N

Київ 2025

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет автоматизації і інформаційних технологій**

*Кафедра автоматизації технологічних процесів*

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

на тему: «Статистичний аналіз електроспоживання районної забудови з метою ідентифікації колективної поведінки систем управління опаленням»

*Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.*

Здобувач: Гомон Іван Валерійович  
Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
Галузь знань: 15 – Автоматизація та Приладобудування  
Група АКІТс-22  
Керівник: Іносов С.В.  
Рецензент \_\_\_\_\_  
*Ідентичність підтверджую*

Київ 2025

Зам. Інв. N	
Післ. і Дата	
Інв. N ор.	

Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури

Факультет автоматизації та інформаційних технологій

Кафедра АТП

Освітньо-кваліфікаційний рівень — бакалавр

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри АТП

\_\_\_\_\_ Запривода А.В.

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 року

### **ЗАВДАННЯ**

#### **ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

Гомону Івану Валерійовичу

1. Тема роботи (проекту): Статистичний аналіз електроспоживання районної забудови з метою ідентифікації колективної поведінки систем управління опаленням.

Керівник роботи (проекту) доц. Іносов С.В. затверджені наказом вищого навчального закладу від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи(проекту) 13.06.2025

3. Вихідні дані до роботи(проекту) Література, Інтернет

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) Вступ. Принципи побудування і роботи АСКОЕ. Дослідження колективної поведінки елементів системи як метод системного аналізу. Дослідження температурних збурень. Річний температурний тренд і погодні варіації. Вибір електролічильника для збору даних електроспоживання. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень). Структурна схема мікропроцесорного лічильника. Модель теплової інерційності будівель. Ієрархічна структурна схема регіональної АСКОЕ. Перехідна функція алгоритму експоненційного згладжування. Схема підключення лічильника

## 6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доц. Федоренко С.В.		

## 7. Дата видачі завдання

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів атестаційної роботи (дипломного проекту)	Строк виконання етапів роботи (проекту)	Примітка
1.	Теоретична частина, опис опалення пасивного будинку	04.05.2025 – 20.05.2025	
2.	Аналіз частин системи, вибір компонентів	20.05.2025 – 10.06.2025	
3.	Розробка електричної та структурної схем автоматизації	20.05.2025 – 13.06.2025	
4.	Охорона праці	04.05.2025 – 13.06.2025	

Студент \_\_\_\_\_ Гомон І.В.

Керівник роботи(проекту) \_\_\_\_\_ Іносов С.В.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1. Принципи побудування і роботи автоматизованих систем контролю і обліку електроенергії (АСКОЕ)</b> .....	8
1.1. Концепція створення АСКОЕ .....	12
1.2. Технічні вимоги до АСКОЕ .....	16
<b>2. Основи електропостачання</b> .....	19
2.1. Мікропроцесорні лічильники електроенергії .....	22
<b>3. Дослідження колективної поведінки елементів системи як метод системного аналізу</b> .....	25
3.1. Вхідні дані для системного аналізу .....	28
3.2. Тижневий цикл електроспоживання.....	29
3.3. Залежність електроспоживання від температури.....	30
<b>4. Дослідження температурних збурень</b> .....	31
<b>5. Річний температурний тренд і погодні варіації</b> .....	37
<b>6. Ідентифікація теплової інерційності забудови</b> .....	40
<b>7. Алгоритм експоненційного згладжування</b> .....	46
<b>8. Вибір електролічильника для збору даних електроспоживання</b> .....	49
<b>9. Охорона праці і техніка безпеки</b> .....	55
9.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів .....	55
9.2 Аналіз визначених шкідливих та небезпечних виробничих факторів .....	57
<b>Загальні висновки</b> .....	70
<b>Додатки</b> .....	72
Додаток 1. Слайди презентації .....	73

					<i>Статистичний аналіз електроспоживання районної забудови з метою ідентифікації колективної поведінки систем управління опаленням</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Гомон І.В.			<b>Зміст</b>			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Іносов С.В.						5	79	
Реценз.								<b>КНУБА Каф. АТП гр. АКІТс-22</b>		
Н. Контр.										
Затверд.		Іносов С.В.								

## ВСТУП

Підвищення енергоефективності є одним із ключових завдань для України на сучасному етапі її розвитку. Це зумовлено, зокрема, суворими кліматичними умовами, що характерні для країни. Така ситуація робить надзвичайно актуальним, з одного боку — створення ефективної системи тепlopостачання, а з іншого — забезпечення максимально раціонального та економного використання теплової енергії.

Значна частина теплової енергії в Україні витрачається на опалення будівель, особливо житлового фонду. Лише на обігрів житлових і громадських споруд припадає понад 64% усієї споживаної теплової енергії в країні.

Проблема забезпечення теплом осель є однією з найважливіших національних задач України протягом всієї її історії. Варто відзначити, що наші предки досить успішно вирішували це питання, використовуючи наявні на той час технології. Традиційна сільська хата з піччю й досі викликає подив у фахівців завдяки своїй ефективності та доцільності.

Погіршення ситуації в сфері тепlopостачання та теплозбереження почалося у 1950–60-х роках, коли стартувало масове зведення бетонних будівель з низькими теплоізоляційними властивостями. Чинні на той час, а також до кінця 90-х років, будівельні норми щодо теплоізоляції огорожувальних конструкцій були необґрунтовано заниженими. Це спричинило надмірне розширення централізованих тепломереж, що характеризувались низькою ефективністю та високими втратами енергії. Саме тоді було закладено основи нинішньої енергетичної кризи в житлово-комунальному секторі, наслідки якої ми спостерігаємо сьогодні.

Сучасний стан тепlopостачання в Україні експерти оцінюють як критичний, що межує з національною катастрофою. Час для поступових реформ уже втрачено — система фактично почала руйнуватись, і нині потрібні невідкладні, рішучі заходи для її порятунку.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нецивілізований електрообігрів – це стихійна відповідь споживачів тепла на низьку якість тепlopостачання. Це обігрівачі прямого нагріву, як сертифіковані, вітчизняні та імпорتنі, так і саморобні, що не відповідають жодним вимогам безпеки, які є практично в кожній квартирі та в будь-якому службовому приміщенні. Ці обігрівачі підключаються до мережі безконтрольно і виводять з ладу внутрішню проводку, силові мережі, створюють загрозу пожеж та вводять у стан шоку енергетиків, які після зatoryжної кризи вже не можуть справлятися з піковими навантаженнями. Нецивілізований електрообігрів частина так званого побутового електроспоживання, яка не піддається точному обліку, але є дуже суттєвою. Боротися з цим безглуздо. Це – життя. Необхідно визнати існування електрообігріву.

Безсистемне впровадження електрообігріву в побутовому секторі може ускладнити проблему добового регулювання балансу «виробництво/споживання» в енергосистемі. Існуючі системи енергопостачання житлових будинків на різке зростання електричного навантаження явно не розраховані. Потрібно змінювати все, починаючи від трансформаторів та прилеглих низьковольтних ЛЕП 0,4-10 кВ, які й без того сьогодні перебувають у критичному стані, і закінчуючи внутрішнім оснащенням будинків. Дуже складно передбачити, як поведуть себе побутові споживачі в години пікового завантаження енергомережі в разі різкого похолодання, і до яких наслідків це може призвести.

Що стосується села, то перевести його на електрообігрів буде взагалі дуже дорого через великі відстані та широку розгалуженість ліній електропередач. Це потребуватиме чималих інвестицій, а собівартість постачання електроенергії в цьому випадку буде за сьогоднішніми українськими мірками досить високою.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Принципи побудовання і роботи автоматизованих систем контролю і обліку електроенергії (АСКОЕ)

Перехід економіки на ринкові методи господарювання висуває жорсткі вимоги до достовірності та оперативності обліку електричної енергії. Ці вимоги можуть бути задоволені лише шляхом створення автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ), оснащених сучасною обчислювальною технікою. Використання у складі АСКОЕ персональних ЕОМ зі спеціалізованим програмним забезпеченням (ПЗ) надає цим системам додаткову гнучкість. Крім розв'язання основного завдання щодо забезпечення функціонування АСКОЕ, ці ЕОМ можуть забезпечувати вирішення низки прикладних завдань з оцінки стану електроенергетичних систем та достовірності вимірювань, наприклад, виявлення втрат енергії та локалізацію місць цих втрат.

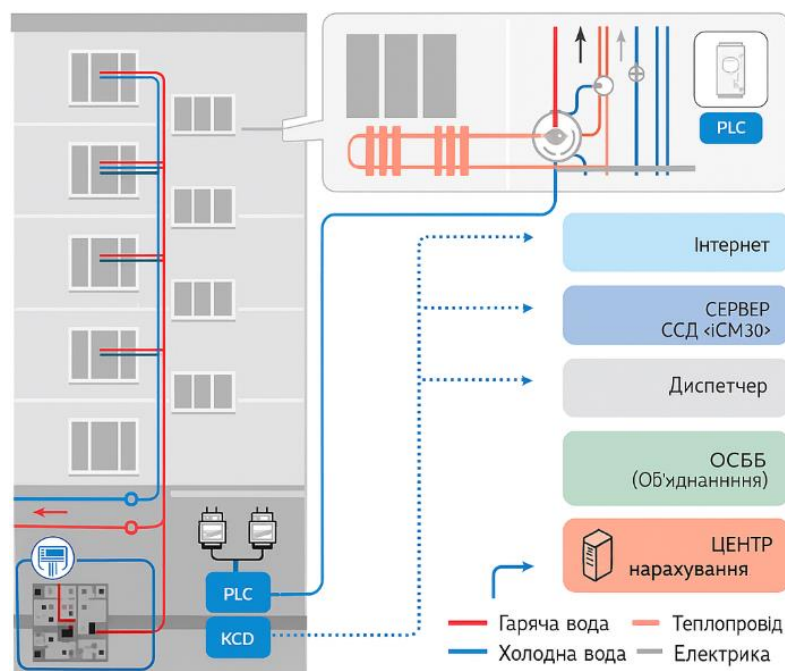


Рисунок 1.1. Автоматизована система контролю та обліку енергетичних ресурсів в багатоквартирному будинку

### Завдання АСКОЕ як вимірювальної системи

Основною метою обліку електричної енергії є отримання достовірної інформації про кількість виробленої, переданої, розподіленої та спожитої

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричної енергії та потужності на оптовому та роздрібному ринку. Ця інформація дозволяє:

- Проводити фінансові розрахунки між учасниками ринку;
- Керувати режимами енергоспоживання;
- Визначати та прогнозувати всі складові балансу електроенергії (виробіток, відпустка з шин, втрати тощо);
- Визначати та прогнозувати питому витрату палива на електростанціях;
- Виконувати фінансові оцінки процесів виробництва, передачі та розподілу електроенергії та потужності;
- Контролювати технічний стан систем обліку електроенергії в електроустановках та відповідність їх вимогам нормативно-технічних документів.

Контроль достовірності обліку електроенергії досягається за рахунок щомісячного складання балансу надійшовшої і відпущеної електричної енергії з урахуванням втрат та витрати електричної енергії на власні потреби. Баланс складається на основі показань лічильників електричної енергії, що знімаються о 24 годині місцевого часу останньої доби кожного розрахункового місяця. Прийнятий в даний час ручний запис показань лічильників, за якими складається баланс електроенергії, не цілком коректний і призводить до додаткових похибок, оскільки важко забезпечити одночасний і безпомилковий запис цих показань, особливо при великій кількості контрольованих лічильників.

Впровадження АСКОЕ дає можливість:

- Оперативно контролювати та аналізувати режим споживання електроенергії та потужності основними споживачами;
- Здійснювати оптимальне управління навантаженням споживачів; збирати та формувати дані на енергооб'єктах;

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Збирати та передавати на верхній рівень управління інформацію і формувати на цій основі дані для проведення комерційних розрахунків між постачальниками та споживачами електричної енергії;
- Автоматизувати фінансово-банківські операції та розрахунки зі споживачами.

АСКОЕ повинні виконуватися на базі серійно випущених технічних засобів та програмного забезпечення. До складу технічних засобів АСКОЕ повинні входити:

- лічильники електричної енергії, оснащені давачами-перетворювачами, що перетворюють вимірювану енергію в пропорційну кількість вихідних імпульсів або цифровий код (при використанні електронних реверсивних лічильників - окремо на кожен напрямок);
- пристрої збору та передачі даних (ПЗПД), що забезпечують збір інформації від лічильників та передачу її на верхні рівні управління;
- канали зв'язку з відповідною каналоутворювальною апаратурою для передачі вимірювальної інформації;
- засоби обробки інформації (як правило, персональні ЕОМ).

З метрологічної точки зору АСКОЕ являє собою специфічний тип вимірювальної системи, яка реалізує процес вимірювання та забезпечує автоматичне (автоматизоване) отримання результатів вимірювань.

Метрологічне забезпечення АСКОЕ повинно проводитися відповідно до загальних правил, що поширюються на вимірювальні системи.

Розрізняють вимірювальні системи (ВС) трьох типів:

1. ВС широкого застосування, що розробляються для серійного виробництва у вигляді закінчених виробів, для встановлення яких на місці експлуатації достатньо вказівок, викладених у їх експлуатаційній документації;

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ВС цільового застосування, що розробляються для одиничного (разового або повторюваного малими партіями) виготовлення, для встановлення яких на місці експлуатації достатньо вказівок, викладених у їх експлуатаційній документації;
3. ВС цільового застосування, що проектуються для певних об'єктів (груп однорідних об'єктів) і виникають як закінчений виріб безпосередньо на об'єкті експлуатації шляхом комплектації з компонентів серійного або одиничного виготовлення та відповідного монтажу і налагодження, що здійснюються відповідно до проектної документації.

ВС, що використовуються для комерційного обліку електричної енергії, підлягають обов'язковим випробуванням для цілей затвердження типу. Випробуванням підлягають усі перелічені типи ВС, в тому числі й системи третього типу, скомплектовані на об'єкті експлуатації із засобів вимірювань, кожне з яких окремо зареєстроване в Державному реєстрі засобів вимірювань.

Мета випробувань - перевірка системи в цілому, зокрема, встановлення:

- Наявності нормованих метрологічних характеристик системи;
- Наявності експлуатаційної документації, що визначає, в тому числі, вимоги до ліній зв'язку та каналоутворювальної апаратури, при яких гарантується функціонування системи із заданими метрологічними характеристиками;
- Фактичних значень метрологічних характеристик системи в робочих умовах експлуатації.

Позитивні результати випробувань є підставою для затвердження типу ВС та реєстрації її в Державному реєстрі засобів вимірювань з видачею сертифіката про затвердження типу системи.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.1. Концепція створення АСКОЕ

Структура та ієрархія АСКОЕ повинні відповідати сучасній структурі управління в електроенергетиці та включати в себе кілька рівнів:

- верхній рівень управління;
- регіональні відділення;
- суб'єкти оптового ринку - енергосистеми (регіональні АТ-енерго, електростанції, АЕС та електричні мережі 330-1150 кВ);
- структурні підрозділи АТ-енерго (мережеві підприємства, електростанції) та промислові підприємства.

На кожному рівні АСКОЕ вирішуються свої технологічні та комерційні завдання, відбувається обмін вимірювальною інформацією з вище- та нижчестоячими рівнями системи, створюється база даних, в якій здійснюється зберігання та обробка зібраної інформації.

В рамках даної концепції зручно здійснювати поетапне введення АСКОЕ в промислову експлуатацію, виходячи з пріоритетності вирішуваних завдань та наявності технічних засобів.

За принципом організації існуючі АСКОЕ можна розділити на два типи: локальні (для окремих підприємств) та регіональні (багаторівневі).

1. Локальна АСКОЕ (ЛАСКОЕ), розташована на одному підприємстві (наприклад, на підстанції або заводі), має наступну структуру:

- лічильники електричної енергії та потужності;
- пристрої збору та передачі даних (ПЗПД) - телесуматори, мультиплексори та інші;
- сервер опитування ПЗПД - ЕОМ, з'єднана з ПЗПД або лічильниками електричної енергії (якщо вони мають відповідний інтерфейс); на ЕОМ встановлюється спеціалізоване ПЗ, здатне приймати дані від ПЗПД та зберігати їх у базі даних результатів вимірювань;

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- робочі місця технологів - ЕОМ, підключені до локальної обчислювальної мережі (ЛОМ) підприємства, в якій знаходиться сервер опитування ПЗПД та сервер баз даних (БД). В цьому випадку сервер опитування ПЗПД та сервер БД визначаються як вузол локальної АСКОЕ. Як варіант, можлива організація віддалених робочих місць.

ЛОМ АСКОЕ, як правило, має топологію "зірка" або "загальна шина" і будується з використанням стандартних технічних та програмних засобів. Вибір технічних засобів для побудови ЛАСКОЕ визначається, в першу чергу, кількістю вимірювальних каналів системи.

При побудові відносно невеликої системи з високими вимогами до похибки результату вимірювання ЛАСКОЕ зазвичай будується на базі відносно дорогих інтелектуальних лічильників електричної енергії. При побудові ЛАСКОЕ з числом вимірювальних каналів до кількох сотень дешевшими виявляються системи, побудовані на базі лічильників, оснащених числоімпульсним телеметричним виходом, та стандартних ПЗПД. Як приклад можна навести широко розповсюджений комплекс технічних засобів "Енергія".

При побудові ЛАСКОЕ з числом вимірювальних каналів порядку тисячі виникають проблеми з організацією передачі значного обсягу вимірювальної інформації по відносно невеликому числу ліній зв'язку. Для підвищення продуктивності передачі вимірювальної інформації в таких випадках застосовують лінії зв'язку з ущільненням вимірювальної інформації до її архівування в ПЗПД. Для ущільнення вимірювальної інформації між лічильниками електричної енергії та ПЗПД включають пристрої збору даних (ПЗД), що здійснюють прийом вимірювальної інформації від ряду лічильників системи (кількість лічильників, що припадають на один ПЗД, зазвичай кратна 16), накопичення цієї інформації протягом 10-15 с та передачу накопиченої інформації в цифровій формі на ПЗПД системи.

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. У ситуації, коли необхідно організувати збір та обробку даних від кількох локальних АСКОЕ, створюється регіональна АСКОЕ (РАСКОЕ), що являє собою багаторівневу систему.

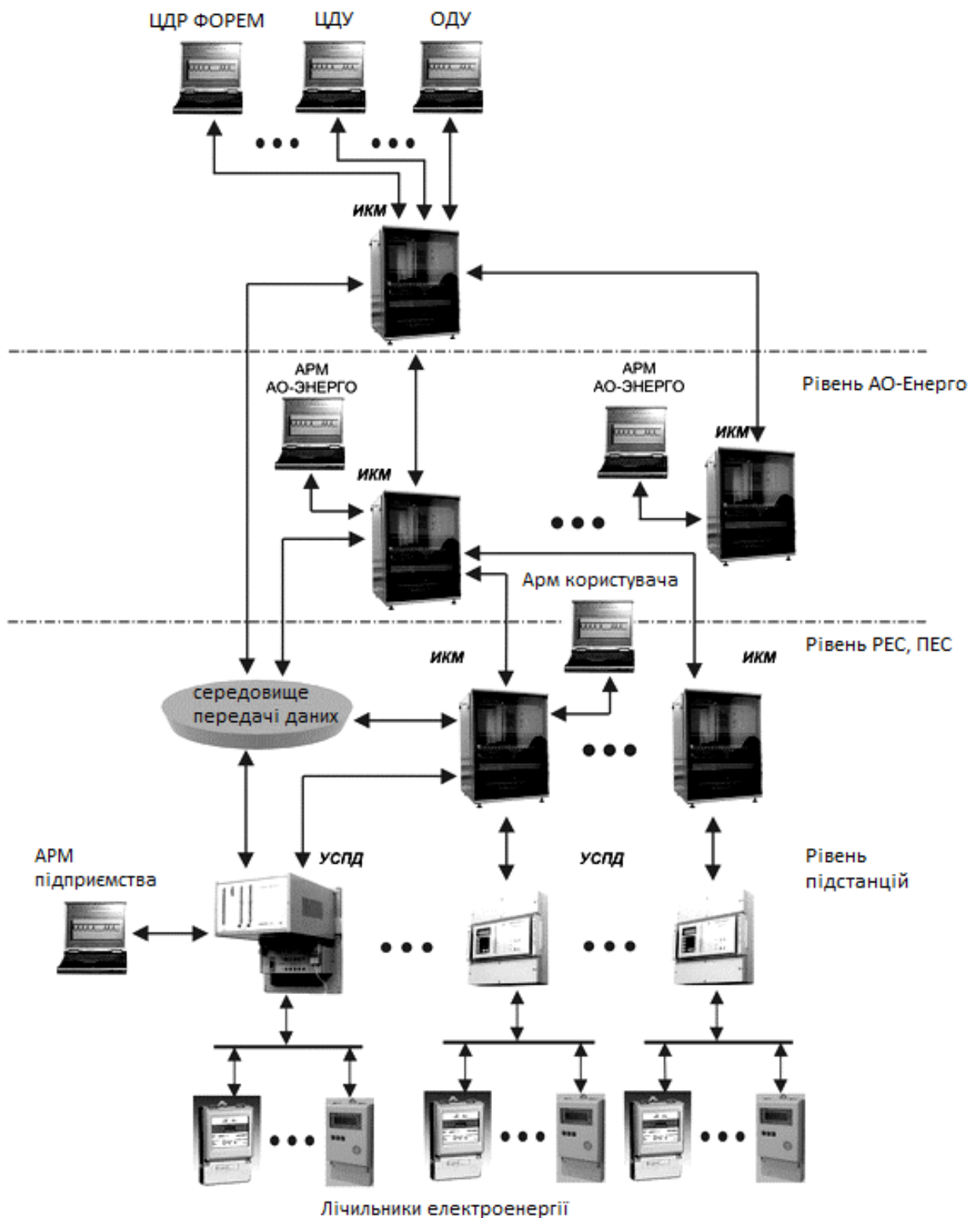


Рисунок 1.2. Ієрархічна структурна схема регіональної АСКОЕ

					Арк.
					14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Верхні рівні цієї системи утворені вузлами, з'єднаними між собою лініями зв'язку, що містять відповідну каналоутворювальну апаратуру. Зазвичай РАСКОЕ будується на принципах організації мереж Інтернет та Інтранет (внутрішньокорпоративна мережа, що використовує стандарти, технології і програмне забезпечення Інтернету.). До нижнього рівня РАСКОЕ належать ЛАСКОЕ, від яких надходить інформація про споживання електричної енергії.

Необхідне виконання низки вимог до форматів представлення вимірювальної інформації, протоколів обміну та баз даних, серед яких можна назвати:

- універсальний формат представлення даних;
- узгоджений протокол обміну даними;
- єдину систему опису (кодування) результатів вимірювань та обчислень;
- можливість організації взаємодії між вузлами РАСКОЕ;
- відкритість протоколів обміну даними фізичного рівня та рівня застосунку між ЕОМ та ПЗПД і лічильниками в локальній АСКОЕ;
- наявність опису структури та особливостей реалізації бази даних локальної АСКОЕ;
- наявність докладного опису принципів функціонування всіх компонентів АСКОЕ - як апаратних, так і програмних.

Наприклад, ставиться завдання організувати на підприємстві Г обробку даних, що надходять від підприємств А, Б і В, і, крім того, забезпечити обмін даними підприємств А, Б і В між собою. У такому випадку кожне з підприємств А, Б і В повинні мати ЛОМ з присутнім у ній вузлом ЛАСКОЕ, вузлом РАСКОЕ та шлюзом до корпоративної мережі або мережі Інтернет. Тип шлюза та комунікацій не має значення і залежить від можливостей конкретного підприємства. Підприємство Г повинно мати також вузол РАСКОЕ та шлюз корпоративної мережі. При цьому в базах даних АСКОЕ всіх підприємств повинен міститися опис оброблюваних результатів вимірювань.

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2. Технічні вимоги до АСКОЕ

Основним джерелом вимірювальної інформації в будь-якій АСКОЕ є її нижній рівень - ЛАСКОЕ. Тому точність та достовірність результатів вимірювань забезпечуються, в першу чергу, показниками якості та точнісними характеристиками засобів, що використовуються у складі ЛАСКОЕ. Існує й інший досить важливий для АСКОЕ показник - похибка передачі інформації по лініях зв'язку АСКОЕ. При використанні у складі АСКОЕ лічильника електричної енергії, оснащеного телеметричним виходом, інформація про вимірювану електричну енергію передається по лінії зв'язку у вигляді послідовності імпульсів, частота проходження яких пропорційна вимірюваній електричній потужності. Похибка передачі інформації проявляється в цьому випадку як похибка рахунку імпульсів внаслідок наявності завад та теплових шумів у лінії зв'язку. У разі передачі вимірювальної інформації в цифровій формі від лічильника електричної енергії з цифровим виводом ця інформація кодується двійковим кодом. У переданому повідомленні кожен біт інформації представлений відповідним сигналом. Приймач вимірювальної інформації реєструє наявність або відсутність сигналу і тим самим - кожен переданий біт повідомлення. Внаслідок наявності завад та теплових шумів у лінії зв'язку переданий сигнал може бути також спотворений.

У літературі ще зустрічаються твердження, що цифрові канали зв'язку не вносять додаткових похибок у результат вимірювання, тому що "цифрова інформація та протоколи обміну мають захист від спотворення завадами". Насправді існує конкретне мінімальне число спотворень біт переданого повідомлення, яке система контролю, реалізована в протоколі, може пропустити, - у цьому випадку говорять про невиявлені помилки. Цей недолік властивий будь-якому протоколу передачі інформації.

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В даний час усі розробники АСКОЕ орієнтуються на типові технічні вимоги до засобів автоматизації контролю та обліку електроенергії та потужності для АСКОЕ енергосистем. Вони містять вимоги до точнісних характеристик, які повинні визначатися, в основному, класом точності лічильника електричної енергії, встановленого на вході каналу, вимоги до показників призначення, програмного забезпечення, стійкості до зовнішніх впливів та інші вимоги, необхідні для створення системи.

АСКОЕ розвиваються у двох напрямках: локальні та регіональні (або територіально розподілені). Для створення локальних АСКОЕ можна скористатися системами як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. Вимірювальна частина локальної АСКОЕ підлягає випробуванням для цілей затвердження типу та обов'язковій повірці відповідно до чинних нормативних документів. При виборі постачальника апаратури або створенні локальної АСКОЕ "під ключ" слід звернути увагу на відкритість системи. Необхідна наявність описів протоколів обміну даними (як фізичного рівня, так і рівня застосунку) з ПЗПД та лічильниками енергії/потужності, опис структури та особливостей реалізації бази даних, докладний опис принципів функціонування всіх компонентів АСКОЕ - як апаратних, так і програмних. В іншому випадку можуть виникнути проблеми з інтеграцією локальної АСКОЕ в регіональну.

Створення регіональної АСКОЕ є окремим завданням, вирішення якого можливе лише при виконанні низки організаційних та технічних вимог (універсальне ідентифікаційне кодування результатів вимірювань, універсальний формат представлення даних, узгоджений протокол обміну даними, фізична можливість зв'язку між вузлами регіональної системи). Дотримання технічних вимог, що пред'являються до АСКОЕ, є запорукою успішного введення в промислову експлуатацію та надійного функціонування системи.

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Навіщо підприємству АСКОЕ

1. При прогнозованому зростанні цін на електроенергію, який за 3 – 5 років напевно досягне рівня близького до Західної Європи, енергозалежні підприємства повинні мати можливість управління енергоспоживанням, з тим,

щоб планомірно знижувати питому вагу плати за електроенергію в собівартості своєї продукції. Це можливо тільки при налагодженому комерційному та технічному обліку електроенергії.

2. Діюча на підприємстві АСКОЕ дозволяє отримати точний облік електроенергії та являє собою інструмент вирішення спорів з організацією Енергозбуту, оскільки дані щодо споживання електроенергії, що знімаються з лічильників АСКОЕ, надходять до енергозбутової організації.

3. АСКОЕ з технічним обліком електроенергії дозволяє отримати картину енергоспоживання кожного об'єкта в режимі максимально наближеному до реального часу і, відповідно, планувати підключення своїх об'єктів з максимальною ефективністю.

4. Маючи АСКОЕ, підприємство має можливість скористатися диференційованими тарифами на оплату електроенергії, а це, в свою чергу, дозволяє спланувати виробництво таким чином, щоб максимально перевести діяльність енергоємних операцій на час дії пільгових тарифів.

5. АСКОЕ, встановлене на підприємстві, через енергосистему якого підключені субабоненти, отримує інструмент взаємодії з ними, що дозволяє локалізувати втрати та розкрадання електроенергії при передачі її субабонентам, а також забезпечити облік переданої електроенергії та послуг на її передачу.

6. Наявність АСКОЕ є однією з неодмінних умов при виході підприємства на оптовий ринок електроенергії, де тарифи значно нижчі за тарифи, що діють всередині регіональних енергосистем.

									Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 2. Основи електропостачання

У загальному випадку під енергетичною системою (енергосистемою) мають на увазі сукупність електростанцій, ліній електропередачі, підстанцій і теплових мереж, зв'язаних в одне ціле спільністю режиму і безупинного процесу виробництва і розподілу електричної і теплової енергії.

В даний час електропостачання ведеться на змінному трифазному струмі.

Основними показниками якості споживаної електроенергії є:

- **Напруга.** Відхилення напруг для різних приймачів повинні знаходитися в певних межах, наприклад, для освітлювальних приладів  $\pm 2.5\%$ , для двигунів  $\pm 5\%$ .
- **Частота.** Нормальна частота забезпечується електричною системою. Зміна частоти допускається не більше  $\pm 0.5$  Гц.
- **Надійність (безперебійність) живлення.** З точки зору надійного та безперебійного живлення приймачі електроенергії поділяються на три категорії: 1-а категорія – приймачі, перерва в електропостачанні яких може спричинити небезпеку для життя людей або значний матеріальний збиток, пов'язаний з пошкодженням обладнання, браком продукції тощо. 2-а категорія – приймачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з істотним простоєм людей, обладнання, транспорту, недовипуском продукції тощо. 3-я категорія – приймачі, що не входять до попередніх категорій.

Питання про надійність електропостачання споживачів пов'язане з числом джерел живлення, схемою електропостачання та категорією споживачів. Приймачі 1-ї категорії повинні мати не менше двох незалежних одне від одного джерел живлення. Приймачі 2-ї категорії можуть мати 1-2 джерела живлення (вирішується індивідуально). Приймачі 3-ї категорії, як правило, мають одне джерело живлення.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймачі електричної енергії можуть бути поділені на групи за подібністю графіків навантаження. Розрізняють **три** характерні групи приймачів:

1. Приймачі, що працюють в режимі з тривало незмінним або мало змінюваним навантаженням. У цьому режимі електрична машина або апарат може працювати тривалий час без перевищення температур окремих частин машини або апарата понад допустимі. Прикладом приймачів, що працюють у цьому режимі, є електродвигуни компресорів, насосів, вентиляторів.

2. Приймачі, що працюють в режимі короткочасної навантаження. У цьому режимі робочий період машини або апарата не настільки тривалий, щоб окремі частини машини або апарата могли досягти усталеної температури. Період зупинки машини або апарата настільки тривалий, що машина практично встигає охолودитися до температури навколишнього середовища. Прикладом даної групи приймачів є електродвигуни допоміжних механізмів металорізальних верстатів, затворів тощо.

3. Приймачі, що працюють в режимі повторно-короткочасної навантаження. У цьому режимі короткочасні робочі періоди машини або апарата чергуються з короткочасними періодами відключення. Повторно-короткочасний режим роботи характеризується відносною тривалістю<sup>1</sup> включення (ПВ) та тривалістю циклу. Прикладом цієї групи приймачів є електродвигуни кранів, зварювальні апарати тощо.

Графік навантаження приймача є основним показником, за яким слід класифікувати приймачі навантаження.

Особливе місце з точки зору класифікації навантажень займає електричне освітлення. Характерними особливостями цього виду навантаження є:

- Різкі зміни навантаження в часі від максимуму майже до нуля
- Вплив на тривалість навантаження часу доби, року, географічного положення, числа змін тощо.

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- Високий коефіцієнт потужності, що дорівнює одиниці, якщо відсутнє люмінесцентне освітлення

*Графіки електричних навантажень, їх типи*

Крива зміни активного (реактивного) навантаження в часі називається графіком навантаження активної (реактивної) потужності.

Графіки навантажень можуть бути індивідуальними (для одного приймача) або груповими (для групи приймачів).

З точки зору регулярності режимів графіки навантажень поділяються на циклічні та нерегулярні. Основними числовими характеристиками графіків навантажень є: середнє навантаження, середньоквадратичне навантаження, максимальне навантаження (за певний інтервал часу). Коефіцієнтом форми графіка навантаження називається відношення середньоквадратичного навантаження до середнього. Коефіцієнтом максимуму навантаження називається відношення максимального навантаження до середнього. Обернена величина (відношення середнього навантаження до максимального) називається коефіцієнтом попиту.

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.1. Мікропроцесорні лічильники електроенергії

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МІКРОПРОЦЕСОРНІ ЛІЧИЛЬНИКИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.

Основна відмінність таких лічильників від звичайних, індукційних, полягає в тому, що вони являють собою невеликий "бортовий комп'ютер". У таких лічильниках практично відсутні рухомі частини, що виконують вимірювання спожитого електричного струму.

Лічильник зазвичай складається з вимірювальних датчиків струму та напруги, схем вимірювання (АЦП - аналого-цифрові перетворювачі), мікроконтролера, що обробляє цифрові сигнали, пам'яті для зберігання даних лічильника. Вся інформація лічильника виводиться на рідкокристалічне табло. Живляться лічильники зазвичай від підключених до них кіл напруги. Додатково, стандартом є встановлення резервного живлення на лічильник (акумуляторних батарей). Вони призначені для підтримки цілісності важливої інформації, коли лічильник відключено від кіл живлення. Значення споживаного струму визначається за допомогою трансформаторів струму. Надалі відбувається перемноження сигналів струму та напруги через АЦП на високопродуктивному мікропроцесорі з RISC-набором команд. Вся отримана інформація записується в пам'ять лічильника і паралельно відображається на рідкокристалічному дисплеї. Найпростіша схема лічильника наведена на рисунку 2.1.

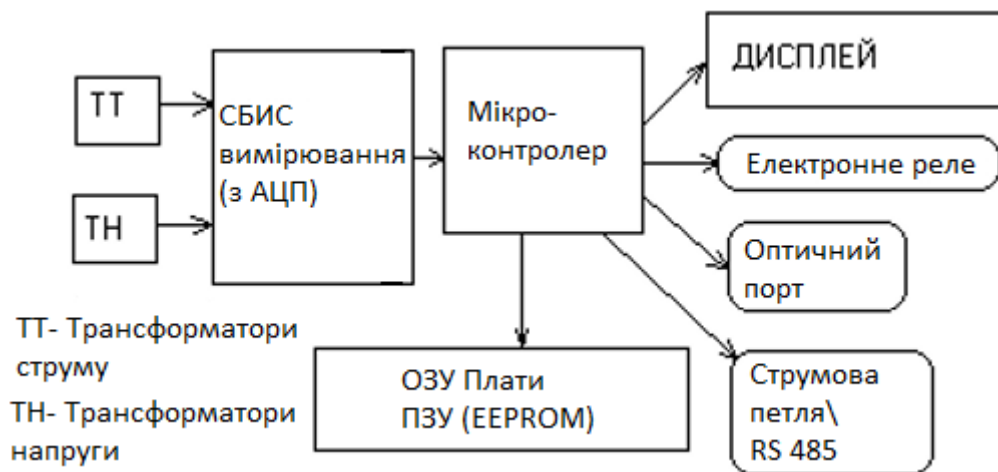


Рисунок 2.1. Структурна схема мікропроцесорного лічильника.

					Арк.
					22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Крім того, в різних моделях лічильника можуть вводитися додаткові інформаційні виходи (струмова петля, числоімпульсне реле, в якому частота імпульсів пропорційна спожитій електроенергії, вихід RS-485 тощо). Практично у всіх лічильниках є пам'ять для зберігання програми роботи лічильника, вимірних величин (тобто активної та реактивної енергії), а також переліку різних значущих подій (кількість входів до лічильника, зникнення живлення, переходу на зимовий та літній час тощо).

Відмінна особливість таких лічильників - це можливість обліку електроенергії за тарифами. Це означає, що Ви можете розраховуватися за спожиту електроенергію по-різному. Наприклад: є 3 тарифи розрахунку за електроенергію - піковий (зазвичай це ранкові та вечірні години), напівпіковий (це практично весь день, крім ранку та вечора) та нічний. Ціна за спожиту електроенергію змінюється залежно від тарифу. При одноставковому тарифі 1 кВт·год коштує 0,1271 гривні, якщо ж Ви вирішили розраховуватися за тарифами, то Вам потрібно буде помножувати цю ціну на наступні коефіцієнти: - піковий тариф - 1.8 - напівпіковий тариф - 1.02 - нічний тариф - 0.2. Очевидно, що найвигідніше працювати при нічному тарифі (ціна за 1 кВт·год менша в 4 рази). У старих індукційних лічильниках не було можливості враховувати переходи на різні часові тарифи.

Крім того, мікропроцесорні лічильники можуть бути хорошим діагностичним інструментом. Наприклад, лічильник "Альфа+" може працювати як ВАФ (вольт-ампер-фазометр), показувати діюче значення струму та напруги, гармоніки тощо. Крім того, враховуючи високий клас точності таких лічильників (0,2 - 0,5) та відсутність самоходу (тобто самовільного руху диска, як в індукційному лічильнику), можна сказати, що на сьогоднішній день такі лічильники - найзручніший та найточніший варіант для обліку електроенергії. Для того, щоб лічильник міг рахувати та показувати дані, в нього необхідно внести програму, яка буде "вказувати" лічильнику, що робити: як вимірювати, що вимірювати, куди та в якому вигляді записувати. Для цього необхідно мати

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

персональний комп'ютер зі спеціальною програмою, що постачається з лічильниками, сам лічильник, спеціальний перетворювач для передачі даних від ЕОМ до лічильника. Причому користувачеві не потрібно писати програм на якійсь мові програмування - все, що від нього вимагається, - це лише відповідати на питання програми та позначати мишкою необхідні варіанти роботи лічильника.

Ще одна з корисних властивостей даних лічильників - можливість створення на їх базі інформаційної системи збору та обробки даних щодо витрат електроенергії. Тобто Ви можете на базі таких лічильників створити автоматизовану систему збору інформації. Допустимо, у Вас є кілька об'єктів (підстанцій), і Ви хочете контролювати витрати електроенергії по об'єктах. Немає нічого простішого - Ви ставите мікропроцесорні лічильники на точки обліку, підключаєте до них модем (імпульсне реле, вихід RS485) та збираєте всю інформацію на один ПК, що стоїть у Вашому офісі. Навіть якщо Вам знадобиться перепрограмувати лічильник - Ви можете зробити це дистанційно, через модем. Зазвичай лічильники мають кілька рівнів доступу до своєї інформації (для читання, для модифікації, для перепрограмування). Крім цього, в пам'яті лічильника міститься інформація про всі спроби зчитування та входу до нього. Отже можна визначити, коли дані в лічильнику змінювалися.

									Арк.
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

### 3. Дослідження колективної поведінки елементів системи як метод системного аналізу

При будь-якому дослідженні ми завжди маємо справу лише з дуже спрощеною моделлю реальної системи. Наприклад, у фізиці математичною моделлю маятника є диференціальне рівняння другого порядку, що описує коливання маятника. Якщо задуматися, то на перший погляд взагалі незрозуміло, як нам вдається адекватно описати таким простим рівнянням поведінку реальної системи, що складається з неймовірно кількості молекул, які все беруть участь у хаотичному тепловому русі з величезними швидкостями. До того ж це рівняння не має нічого спільного з конструкцією маятника. Чому, незважаючи на всю складність світу, в чомусь все-таки вдається розібратися?

Ми взагалі не могли б створювати адекватні прості моделі систем, якби не ефект колективної поведінки елементів системи. Всі елементи системи (у прикладі маятника - молекули) беруть участь у колективному узгодженому процесі (у даному прикладі - коливальному русі), тому цей процес помітний. Незалежна хаотична поведінка елементів системи (в даному прикладі - тепловий рух) не узгоджена, тому вона непомітна. Саме колективну поведінку ми можемо вивчати, використовуючись відносно простими моделями. Задавши на моделі початкові умови, ми можемо вирішити відповідні диференціальні рівняння і прогнозувати подальший хід колективного процесу. Поява комп'ютерів дозволило дещо ускладнити досліджувані моделі, але все одно вони залишаються незрівнянно простими в порівнянні з реальністю.

Саме використання комп'ютерів показало, наскільки потужним інструментом є здоровий глузд. Мозок має вражаючу і не освоєну поки що наукою здатністю спрощувати світ, вибирати найголовніші процеси і причинно-наслідкові зв'язки, вірну проекцію реальності. Причому в різних ситуаціях різну. Розуміння, на основі якого можна приймати рішення, дають прості моделі, а втиснути в них дійсність можна відкидаючи «зайве». Комп'ютер корисний при розрахунку вже готової математичної моделі (такі завдання відносно прості, але

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для нашого мозку не типові). Але створення моделей, тобто розуміння процесів, незмірно більш складне завдання, яке знаходиться поки далеко за межами можливостей алгоритмізації.

Розглянемо приклад створення моделі системи на підставі врахування колективної поведінки елементів системи. Потрібно розрахувати реакцію будівельної конструкції (балки, ферми і т.п.) на ударний вплив. Якщо намагатися моделювати реальну структуру конструкції, (як пружне тіло дуже складної форми, с урахуванням хвильових процесів), то завдання виявиться неймовірно складним. Але динаміку будь-якої конструкції можна розрахувати як суму декількох колективних поведінок всіх елементів конструкції. Ці колективні поведінки дуже прості. Вони являють собою синусоїдальні коливання різних частот, які називаються власними коливаннями конструкції. Для прикладу розглянемо власні коливання ферми (рисунок. 3.1).

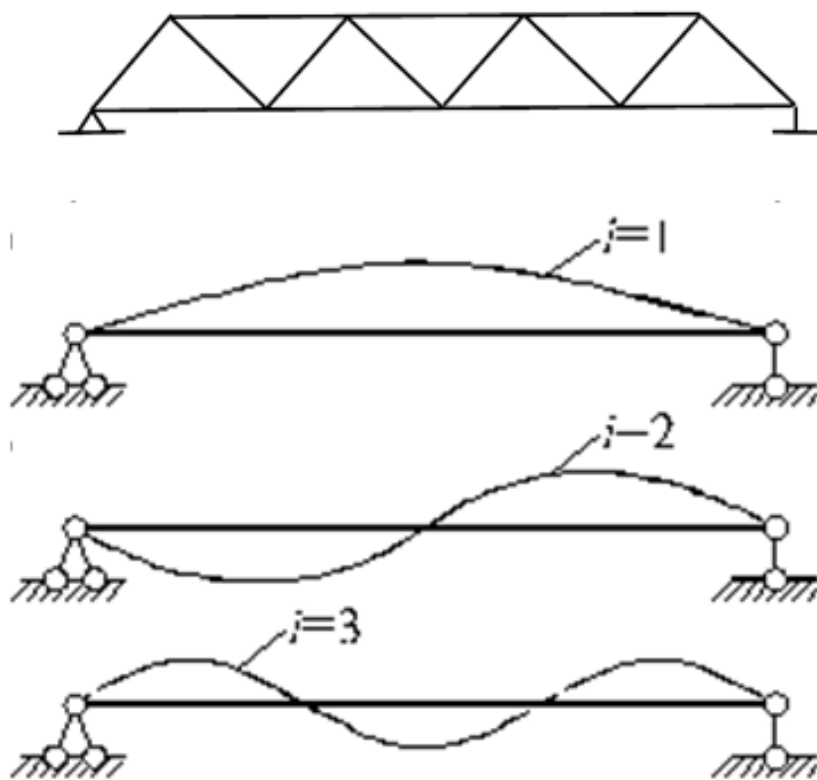


Рисунок 3.1. Власні форми поперечних коливань ферми

Криві лінії на малюнку показують форму зігнутої осі ферми при максимальному відхиленні коливань і називаються власними формами (модами) коливань. Найнижчу частоту має перша власна форма коливань ( $i = 1$ ). Друга власна форма ( $i = 2$ ) має більш високу частоту коливань. Третя власна форма ( $i = 3$ ) має ще більш високу частоту коливань і так далі. При ударі по фермі в будь-якій точці збуджуються власні форми коливань і результуючий рух ферми в будь-якій іншій точці являє собою просто суму синусоїдальних коливань декількох основних частот (вклад власних форм більш високого порядку нікчемно малий). Таким чином, врахування колективних рухів елементів конструкції (власних форм коливань) дозволяє різко спростити розрахункову модель системи.

В даній роботі описаний метод застосуємо для дослідження колективної поведінки багатьох підсистем керування опаленням будівель, які створюють систему опалення забудови. Опалення окремих будівель може бути автономним або централізованим, з використанням різних теплоносіїв, з автоматичним або ручним керуванням, тощо. Але всі вони інтегруються в єдину систему опалення районної забудови, яка має свої емерджентні (узагальнені) властивості, які і є предметом дослідження.

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.1. Вхідні дані для системного аналізу

Для системного аналізу опалення районної забудови використовувалися масиви даних середньодобової температури повітря (рис. 3.3) і середньодобового споживання електроенергії на весь район (рис. 3.2).

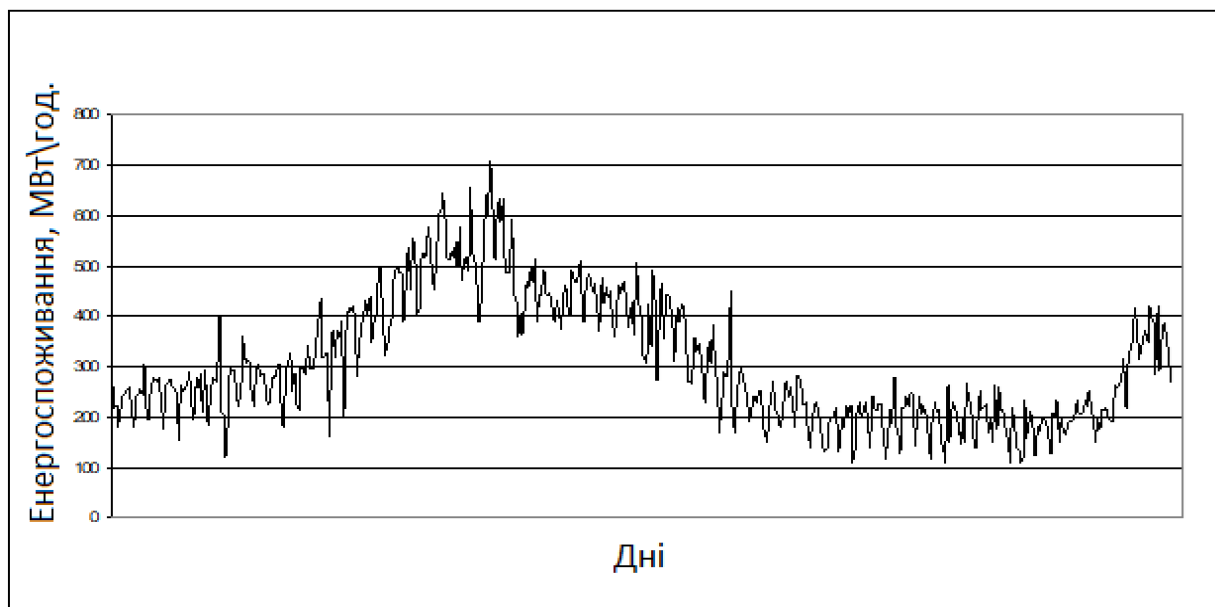


Рисунок 3.2. Типовий графік добового споживання електроенергії

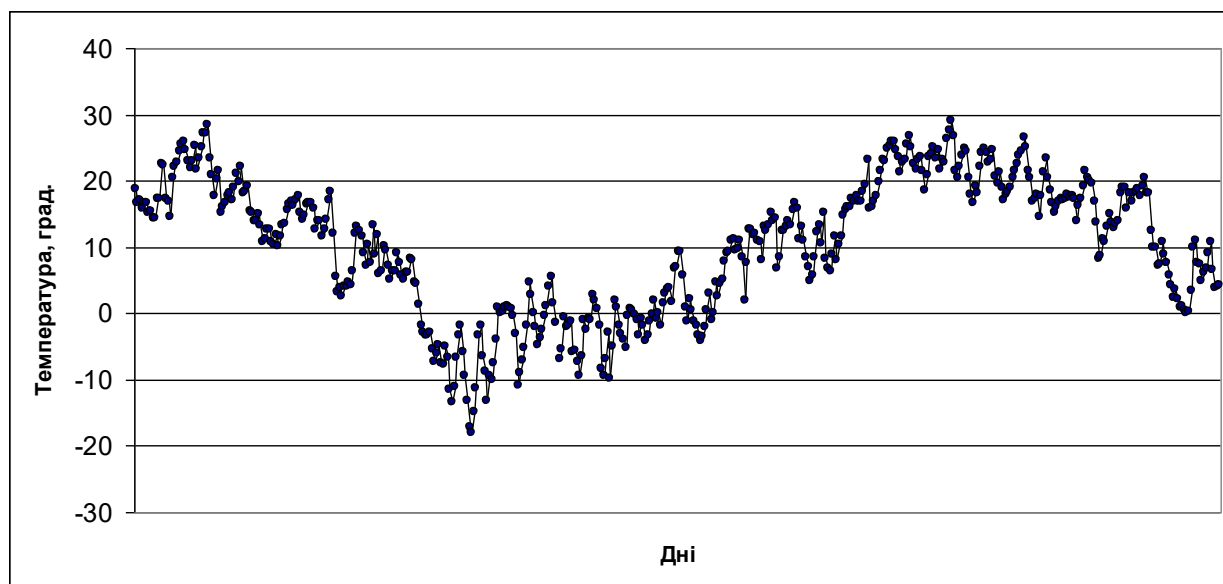


Рисунок 3.3. Відповідний графік середньодобової температури

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2. Тижневий цикл електроспоживання

Варіація споживання електроенергії щодо сезонного тренду має чітко виражену тижневу циклічність із періодом 7 днів (Рис. 3.4).

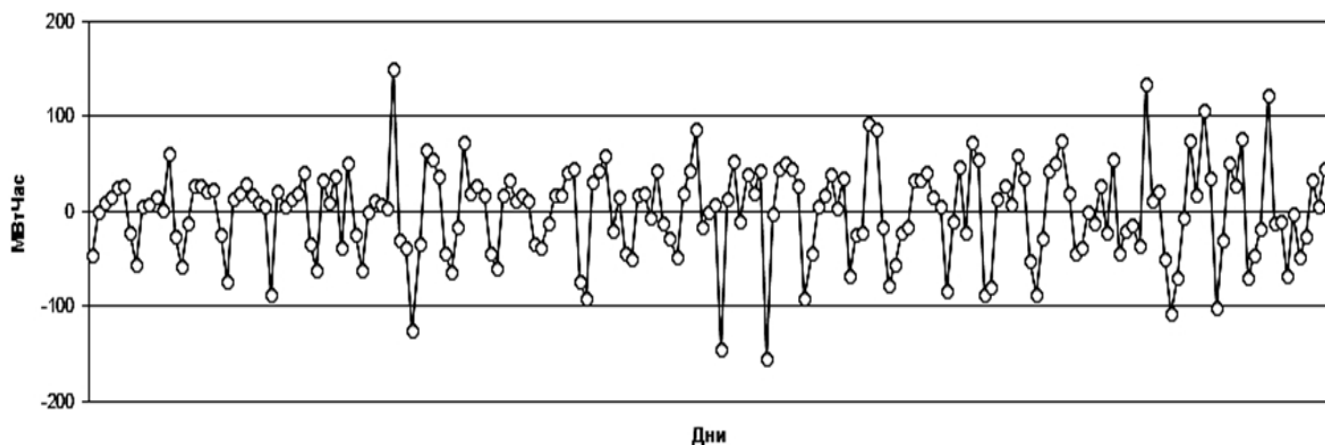


Рисунок 3.4. Осцилограма варіацій споживання електричної потужності щодо сезонного тренду



Рисунок 3.5. Тижневий цикл енергоспоживання

Спостерігається суттєвий спад електроспоживання у вихідні дні (особливо у неділю). Дещо знижено енергоспоживання у понеділок. Очевидно, це пов'язано із змінами промислового навантаження.

### 3.3. Залежність електроспоживання від температури

Виявлено, що протягом опалювального сезону споживана електрична потужність перебуває у спадній лінійній залежності від температури зовнішнього повітря. При температурах вище 17 градусів енергоспоживання перестає залежати від температури.

Такий алгоритм управління складається стихійно, як інтегрований результат взаємодії численних систем ручного та автоматичного регулювання температури, як за відхиленням, так і за збуренням, як локально в будівлях, так і централізовано. У наступному розділі показано, що вказана залежність проявляється точніше, якщо замість температури повітря безпосередньо взяти результат її згладжування тепловою інерційністю будівель, що дозволяє ідентифікувати цю (невідому) інерційність.

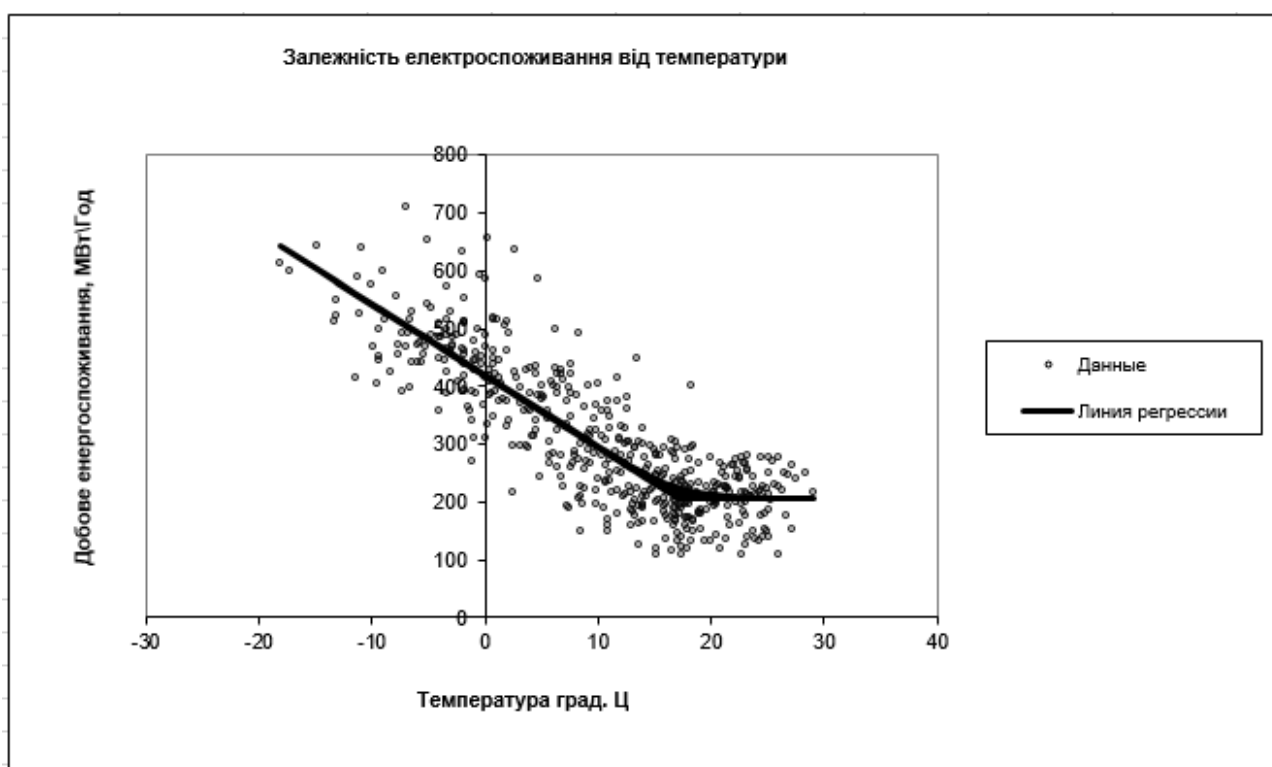


Рисунок 3.6. Залежність електроспоживання від температури повітря

					Арк.
					30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

#### 4. Дослідження температурних збурень

Переважаюча частина теплової енергії в Україні витрачається на опалення будівель різного, в першу чергу житлового призначення. Перелом у гірший бік у питаннях теплопостачання та теплозбереження в країні відбувся у шістдесятих роках минулого століття, коли почалося масове будівництво бетонних енергонеефективних будівель. Фактично в цей час було запрограмовано енергетичну кризу в житлово-комунальній сфері, яка розвивається зараз на наших очах. Підвищення енергетичної ефективності опалення є одним з основних завдань на сучасному етапі. Вирішення цього завдання неможливе без використання сучасних засобів автоматизації. У зв'язку з цим вельми актуальним є дослідження основних збурень, що діють в автоматизованих системах опалення.

Останнім часом різко зросла актуальність досліджень на стику енергетики, кліматології та економіки, у зв'язку із загрозою енергетичної кризи.

Україна має нижчу середню температуру в січні, ніж більш північні розвинені країни. Донедавна в цьому питанні спостерігалось певне непорозуміння. Вважали, що клімат в Україні тепліший, ніж, наприклад, в Канаді, Швеції, Норвегії, Ісландії тощо. Але у всіх цих країнах населення зосереджене на невеликих ділянках території з аномально м'яким кліматом, яким вони зобов'язані теплим океанічним течіям. По суті, Україна має менш сприятливий клімат, ніж зазначені північні країни, з точки зору зимового опалення.

Крім того, Україна є країною з аномально сильними імпульсними похолоданнями в зимовий опалювальний період. На рис. 4.1 показано таке аномально сильне пікове похолодання до  $-29$  градусів.

									Арк.
									31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

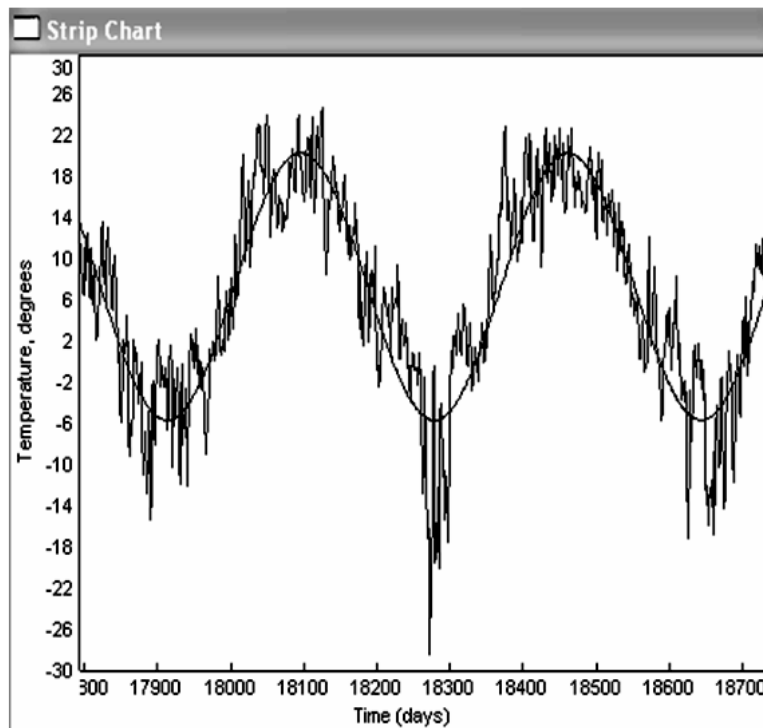


Рисунок 4.1. Графік середньодобової температури у м. Києві

Синусоїдою на рис. 4.1 показано сезонний (зима-літо) тренд температури з періодом 365 днів, амплітудою 13 градусів, зміщенням вгору на 7.55 градуса (середньорічна температура), та фазою, що відповідає мінімуму температури в січні. Параметри тренду отримано мінімізацією середньоквадратичного відхилення синусоїди від графіка фактичної температури (за період 1900 – 2000р.). Відхилення поточної температури від тренду є погодними варіаціями.

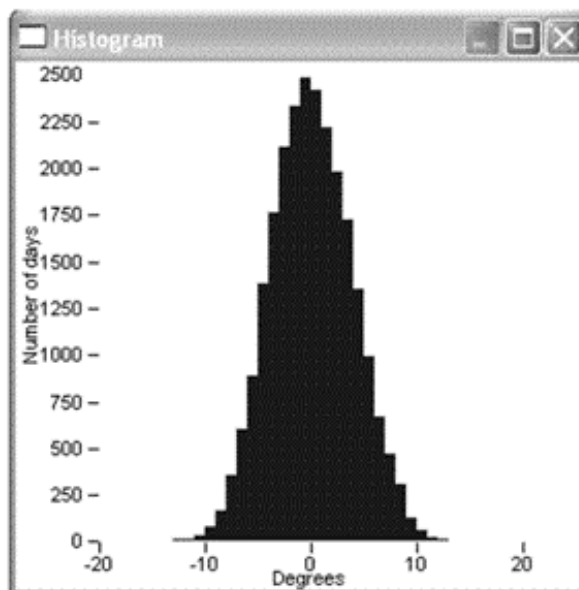


Рисунок 4.2 Гістограма розподілу кліматичних варіацій температури (весна, літо, осінь).

					Арк.
					32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Гістограма розподілу погодних варіацій середньодобової температури для весни, літа, осені (за період 1900 – 2000 р.) показана на рис. 4.2. Розподіл симетричний, нормальний. Отже, виконуються умови центральної граничної теореми: варіації викликані великою кількістю незалежних випадкових факторів, жоден з яких не переважає.

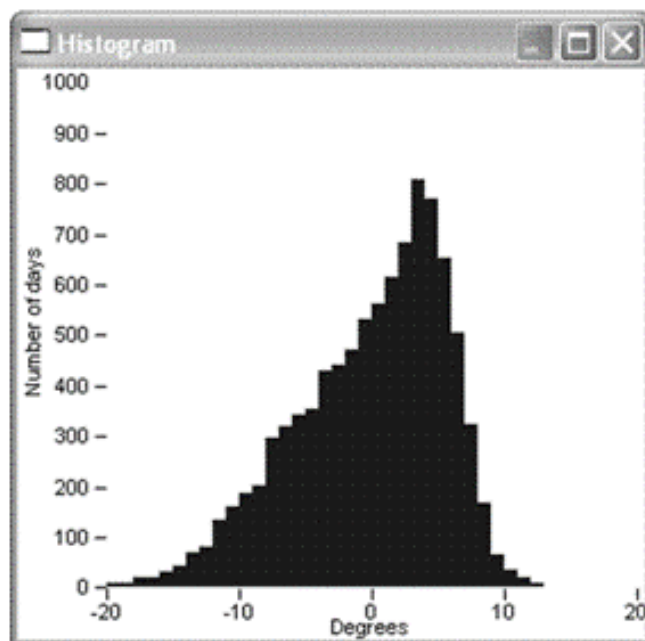


Рисунок 4.3. Гістограма розподілу кліматичних варіацій температури (зима).

Аналогічна гістограма для зими. Розподіл відрізняється сильною асиметрією (-0.7) у бік аномально сильних для даної широти похолодань (на 10 градусів нижче очікуваних нормальних значень). Крім того, взимку середньоквадратичне значення температурних погодних варіацій збільшується в півтора рази (з 3.9 до 5.7 град.). Отже, порушено умови центральної граничної теореми: взимку з'являється якийсь додатковий суттєвий фактор, що діє нелінійно. Очевидно, межа між теплими та холодними масами повітря стає нестійкою, що сприяє автоколивальним проривам арктичного повітря. У Західній Європі, наприклад, у Парижі, подібні аномальні пікові похолодання взимку не спостерігаються, і розподіл погодних варіацій температури залишається нормальним у всіх сезонах.

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Несприятливі природні особливості додатково обтяжуються штучними. Теплоізоляція нашого житла в кілька разів гірша, ніж у тепліших Англії, Франції, Німеччині, США. Більше того, мала теплова інерційність будівель (постійна часу до 2 діб, пов'язана зі слабкою теплоізоляцією) не дозволяє згладити короткі (1 – 3 доби) імпульсні похолодання, характерні для нашої зими. В результаті система опалення та її автоматика повинні протистояти не середнім січевим температурам ( $-5.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  у Києві), а мінімальним арктичним (до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Рисунок 4.4 ілюструє згладжувальний ефект теплової інерційності будівлі на пікове похолодання (рис. 1). Осцилограму отримано чисельним моделюванням. Теплова інерційність моделювалася аперіодичною ланкою першого порядку. Постійна часу – 1 доба.

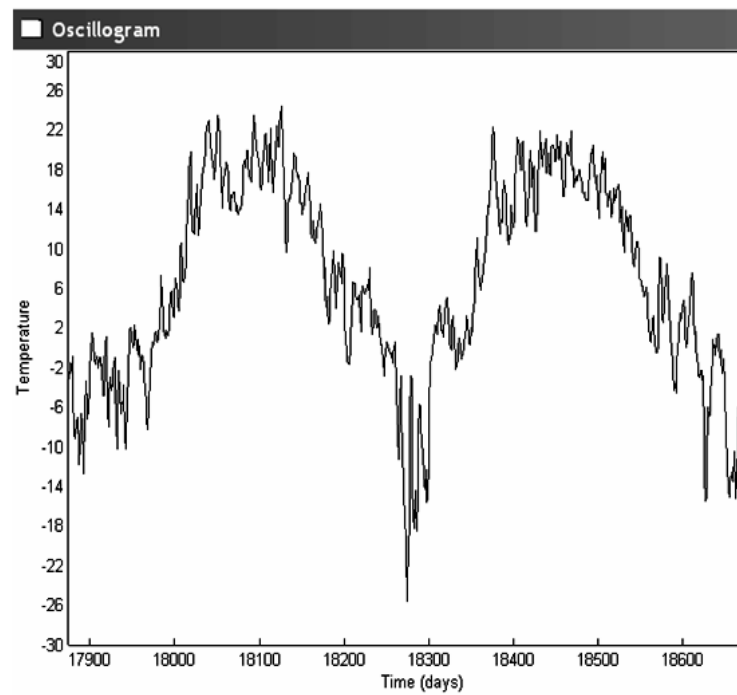


Рисунок 4.4 Пікове похолодання (рис. 4.1), згладжене тепловою інерційністю будівлі (постійна часу 1 доба)

Очевидно, що при постійній часу 1 доба згладжувальний ефект незначний. Проте збільшення постійної часу до 5-10 діб дозволяє досягти значно кращих результатів. Чим більша постійна часу, тим вища мінімальна температура (рис.4.5).

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

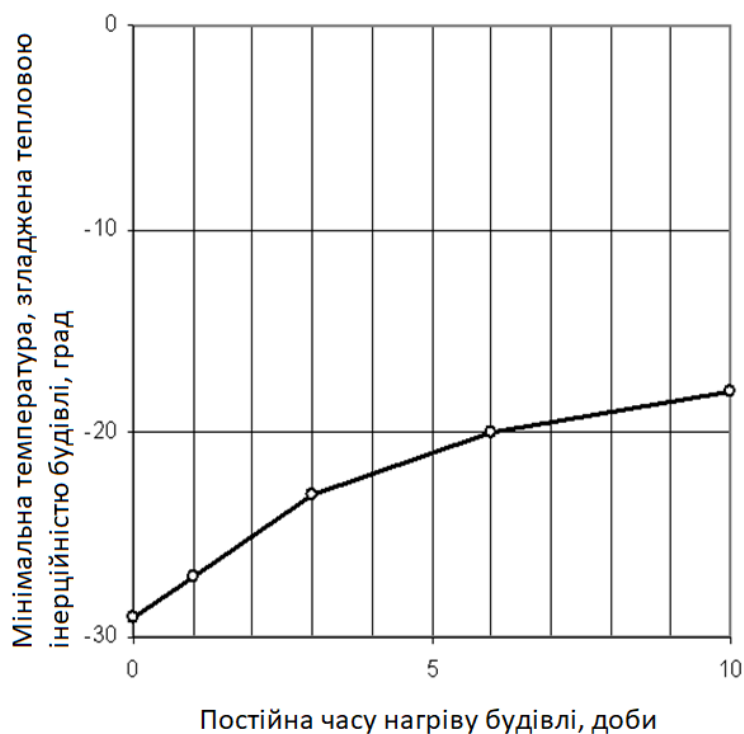


Рисунок. 4.5 Ступінь згладжування пікових похолодань залежно від теплової інерційності будівлі

Таким чином, посилення теплоізоляції в умовах нашого клімату особливо ефективно, оскільки не тільки зменшує середню витрату теплової енергії на опалення, але й суттєво зменшує пікові навантаження на систему опалення за рахунок збільшення теплової інерційності.

За логікою речей Україна мала б лідувати в галузі теплоізоляції в житловому секторі, але, в повній суперечності зі здоровим глуздом, теплоізоляція нашого житла набагато гірша не тільки порівняно зі Швецією, але навіть порівняно зі значно теплішими Німеччиною та США.

Висновки та перспективи. Україна має нижчу середню температуру січня, ніж північніші розвинені країни. Крім того, Україна є країною з аномально сильними імпульсними похолоданнями в зимовий опалювальний період. Неприятливі природні особливості додатково обтяжуються штучними. Теплоізоляція нашого житла в кілька разів гірша, ніж у Західній Європі та США. Це збільшує середню витрату енергії на опалення. Більше того, мала тепла інерційність будівель не дозволяє згладити короткі імпульсні похолодання,

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характерні для нашої зими. Це збільшує пікові навантаження на системи опалення.

Посилення теплоізоляції будівель в умовах нашого клімату особливо ефективно, оскільки не тільки зменшує середню витрату теплової енергії, але й суттєво зменшує пікові навантаження в системах опалення за рахунок збільшення теплової інерційності.

Зазначені несприятливі особливості клімату призводять до того, що проживання на нашій території вимагає великої витрати енергоносіїв (2 тонни умовного палива на рік на одну людину в Києві), а будь-яке виробництво характеризується підвищеним рівнем витрат, порівняно з іншими промисловими зонами світу. В першу чергу, через занадто суворий клімат. У конкурентній боротьбі за інвестиції майже будь-яке національне підприємство опиняється у свідомо програшних умовах, що ставить під сумнів інвестиційну привабливість України та доцільність її інтеграції у світовий ринок. Повна відкритість національної економіки світовому ринку виявляється згубною, оскільки призводить до відтоку капіталу. Тільки централізована держава неринковими методами може змусити економіку діяти в національних інтересах.

						Арк.
						36
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 5. Річний температурний тренд і погодні варіації

Завданням даного розділу є синтез формули для розрахунку трендової (тобто середньої, без урахування випадкових погодних варіацій) температури для поточної дати за допомогою електронних таблиць EXCEL та виявлення погодних варіацій температури відносно тренду.

Вихідними даними є масив середньодобових температур у Києві за досліджуваний рік. Показання впорядковані за датою та пронумеровані, за нуль відліку днів прийнято 1 січня 1999 року. Графік зміни середньодобової температури в часі наведено на рис. 5.1 у вигляді тонкої лінії.

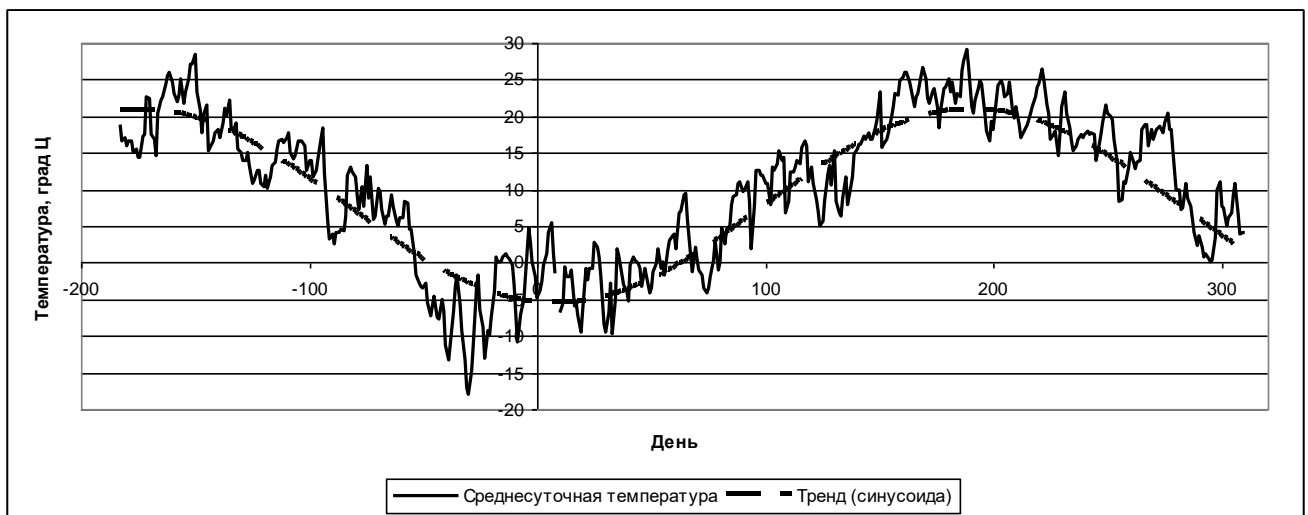


Рисунок. 5.1 Зміна середньодобової температури повітря за рік, що досліджується. За нуль відліку прийнято 1 січня 1999 р.

Формулу температурного тренду (тобто розрахункову формулу математичного очікування температури, без урахування випадкових потеплінь чи похолодань) шукаємо як синусоїди, як функцію поточної дати. Графік температурного тренду (лінія регресії)  $X(t)$  визначається кожній точці формулою:

$$X(t) = X_{cp} + A \cdot \sin(\omega t + \varphi),$$

де  $t$  - поточний день року. Потрібними невідомими параметрами тренда є: середня річна температура (зсув синусоїди по вертикалі)

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$X_{ср}$ , а також амплітуда  $A$  і фаза  $\varphi$  річних коливань. Четвертий параметр - кругова частота річних коливань - відомий і обчислюється за формулою:  
 $\omega = 0.01721$  рад/доба =  $2\pi/365$  (число днів у році).

Знаходимо параметри тренду як результат розв'язання оптимізаційної задачі, домагаючись мінімуму середньоквадратичного неузгодження (помилки) між експериментальними даними зміни зовнішньої температури та розрахованими за формулою тренду за рахунок варіювання невідомих параметрів  $X_{ср}$ ,  $A$  и  $\varphi$ . Саме цей кінцевий оптимізований тренд представлений на малюнку.

Вирішення задачі знаходимо автоматично, застосувавши автоматичний оптимізатор, який входить до сервісних засобів електронних таблиць під назвою «Пошук рішення».

Оптимізатор знайде наступні значення параметрів тренда середньодобової температури у функції поточної дати:

$X_{ср} = 7.7$  град (середньорічна температура, тобто вертикальне зміщення нуля графіка)

$A = 13.2$  град (амплітуда сезонних коливань температури)

$\varphi = -1.7$  рад (фаза сезонних коливань температури щодо 1 січня)

Отримані значення використані у формулі розрахунку трендової температури зовнішнього повітря залежно від поточної дати з наступним розрахунком кліматичних варіацій температури (рис. 5.1).

Основним результатом даного розділу є отримання масиву погодної варіації температури щодо сезонного тренду (Рис. 5.2), який буде використаний далі для дослідження впливу погоди на енергоспоживання

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

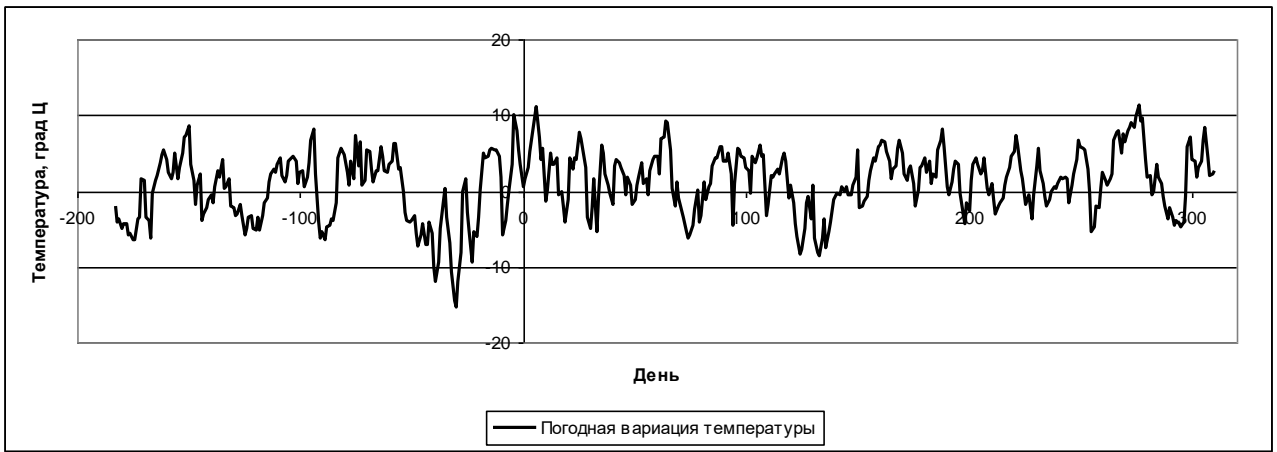


Рисунок 5.2 Зміна погодної варіації температури повітря за досліджуваний рік.

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. Ідентифікація теплової інерційності забудови

Наразі споживання електроенергії на стихійне електроопалення становить суттєву частину загального електроспоживання. Проблемою є оцінка інтегральних характеристик теплоізоляції будівель з метою покращення теплових характеристик забудови та зниження електроспоживання на опалення.

Мета дослідження - оцінка інтегральних характеристик теплоізоляції будівель житлової забудови за результатами статистичного аналізу споживання електроенергії протягом опалювального сезону.

У роботі проведено статистичну ідентифікацію системи стихійного електроопалення в районній електромережі з метою подальшого аналізу енергетичної ефективності системи, покращення теплових характеристик забудови та зниження електроспоживання на опалення. Збуренням виступає температура зовнішнього повітря, реакцією — споживання електроенергії. Виявлено, що протягом опалювального сезону споживана потужність перебуває в спадній лінійній залежності від температури зовнішнього повітря, згладженій тепловою інерційністю системи (а не безпосередньо). Теплова інерційність системи задовільно моделюється алгоритмом експоненціального згладжування.

Такий алгоритм керування складається стихійно, як інтегрований результат взаємодії численних систем ручного та автоматичного регулювання температури — як за відхиленням, так і за збуренням — як локально в будівлях, так і централізовано.

Ідентифікацію параметрів системи стихійного електроопалення отримано шляхом порівняння реакції моделі системи на відомий графік зміни температури зовнішнього повітря з реакцією реальної районної електромережі. Структура моделі та схема ідентифікації її параметрів наведені на рис. 6.1. Модель системи включає два блоки, що моделюють інерційні властивості системи теплопостачання та її регуляторні характеристики.

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ідентифікація зведена до розв'язання двох незалежних оптимізаційних задач:

а) максимізація за модулем коефіцієнта кореляції між варіаціями теплової потужності в натурі та на моделі за рахунок варіації інерційних властивостей моделі системи;

б) підбір параметрів лінійної регуляторної характеристики з умови мінімізації середньоквадратичного відхилення варіацій теплової потужності в натурі та на моделі (регресійний аналіз).

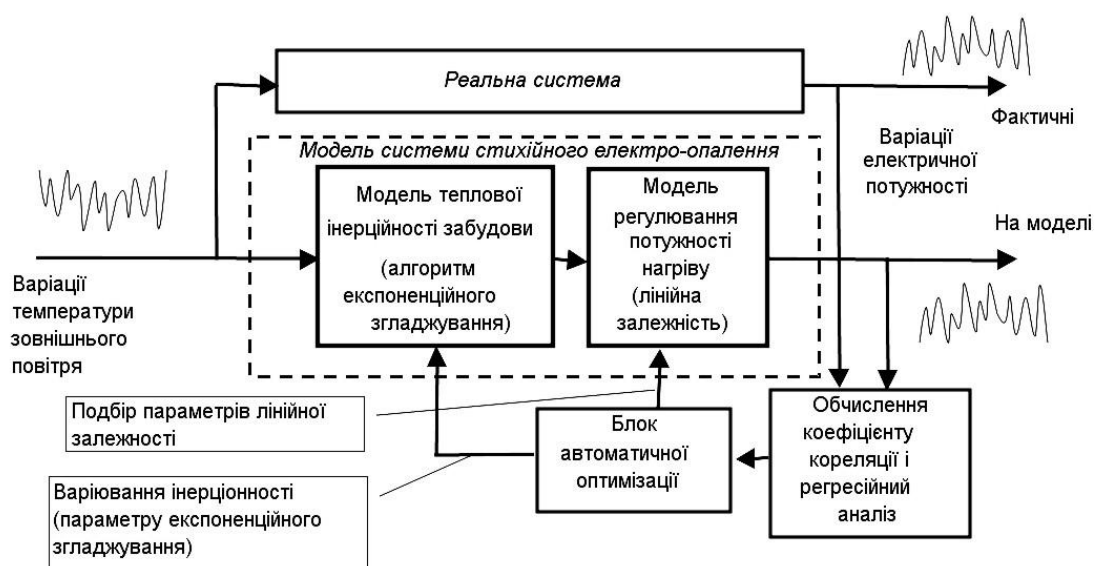


Рисунок. 6.1 Ідентифікація параметрів системи стихійного електро-опалення

Моделювання проводилося в дискретному часі, оскільки наявні вихідні дані квантуються з періодом 1 доба. В якості моделі теплової інерційності системи використано алгоритм експоненціального згладжування (дискретний аналог аперіодичної ланки) з дискретною передавальною функцією.

$$W(z^{-1}) = \frac{0.314}{1 - 0.684z^{-1}}$$

Підвищення порядку передавальної функції вище першого не виправдовується подальшим покращенням кореляції. Чисельною мірою інерційності є параметр експоненціального згладжування, що дорівнює 0.684 (за

результатами ідентифікації). Відповідна стала часу еквівалентної аперіодичної ланки становить  $-1/LN(0.684) = 2.6$  доби. Завдяки якісній теплоізоляції житлової забудови цей показник може бути збільшений у кілька разів. Регуляторні властивості системи моделюються (за результатами ідентифікації) лінійною статичною регуляторною характеристикою:

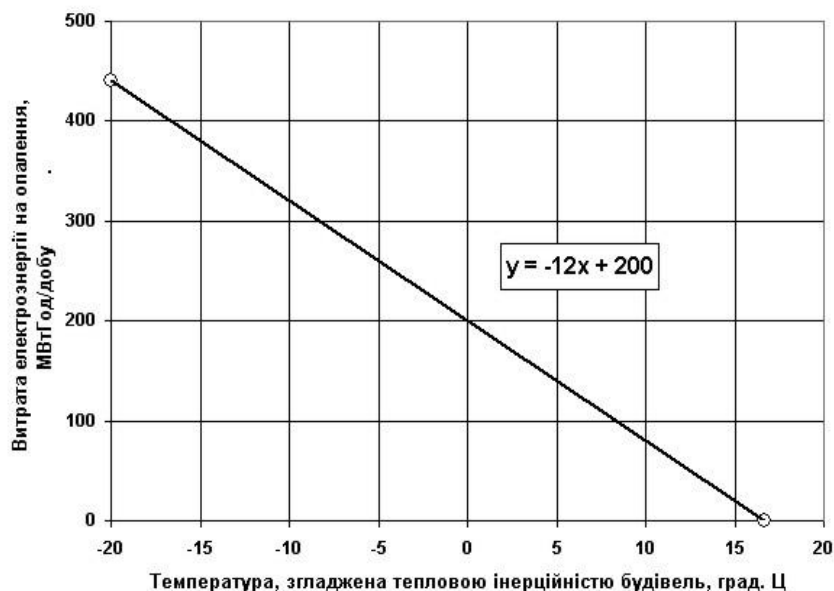


Рисунок. 6.2 Статистична регулювальна характеристика системи стихійного електроопалення

На наступному рисунку наведено чітко виражену екстремальну залежність коефіцієнта кореляції (між енергоспоживанням та згладженою температурою) від шуканої сталої часу, яка дозволила точно ідентифікувати сталу часу теплової інерційності системи.

					Арк.
					42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

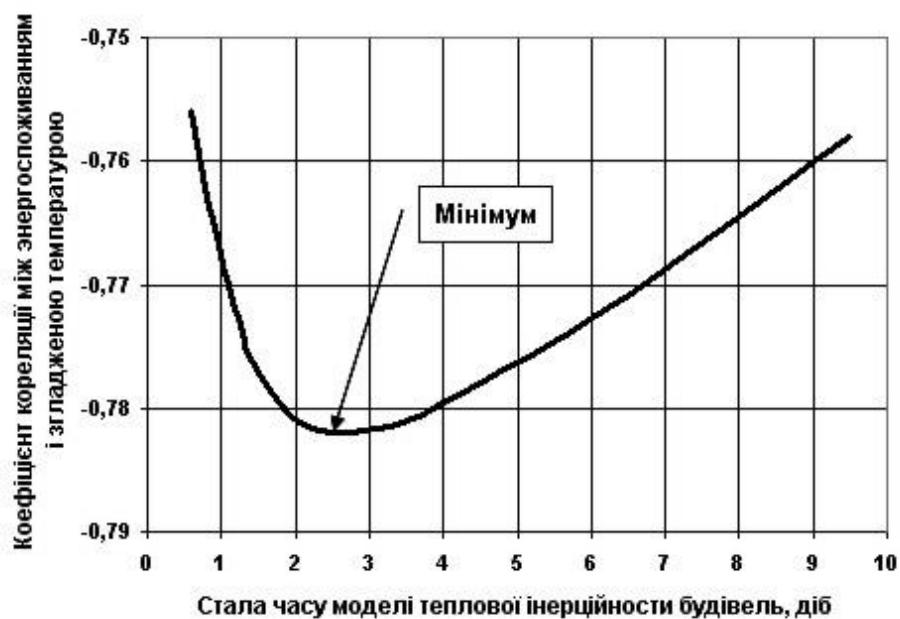


Рисунок. 6.3 Залежність коефіцієнту кореляції між енергоспоживанням і згладженою температурою від шуканої сталої часу теплової інерційності забудови

На наступному малюнку представлена відповідна діаграма розсіювання з лінією регресії (для знайденого значення постійної 2.6 діб).

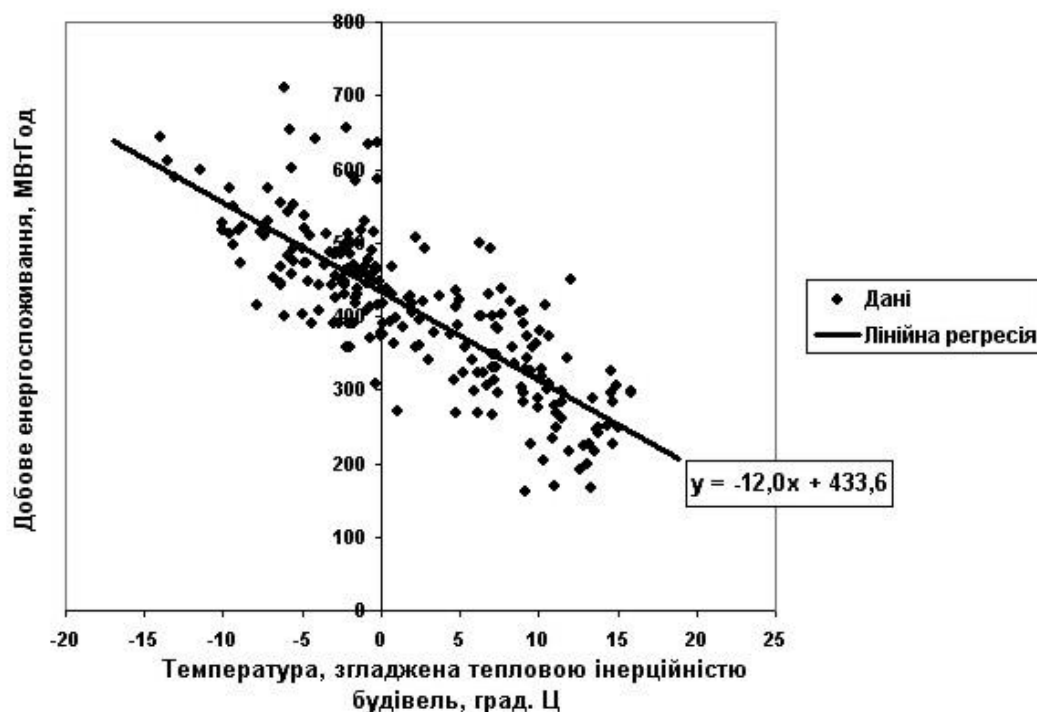


Рис. 6.4 Діаграма розсіювання з лінією регресії між енергоспоживанням і згладженою температурою

Теплова інерційність системи достатньо згладжує погодні варіації температури, щоб виправдати необхідність її врахування в моделі, але недостатньо для повного згладжування похолодань (рис. 5). Похолодання дзеркально відображаються на графіку споживання електроенергії.

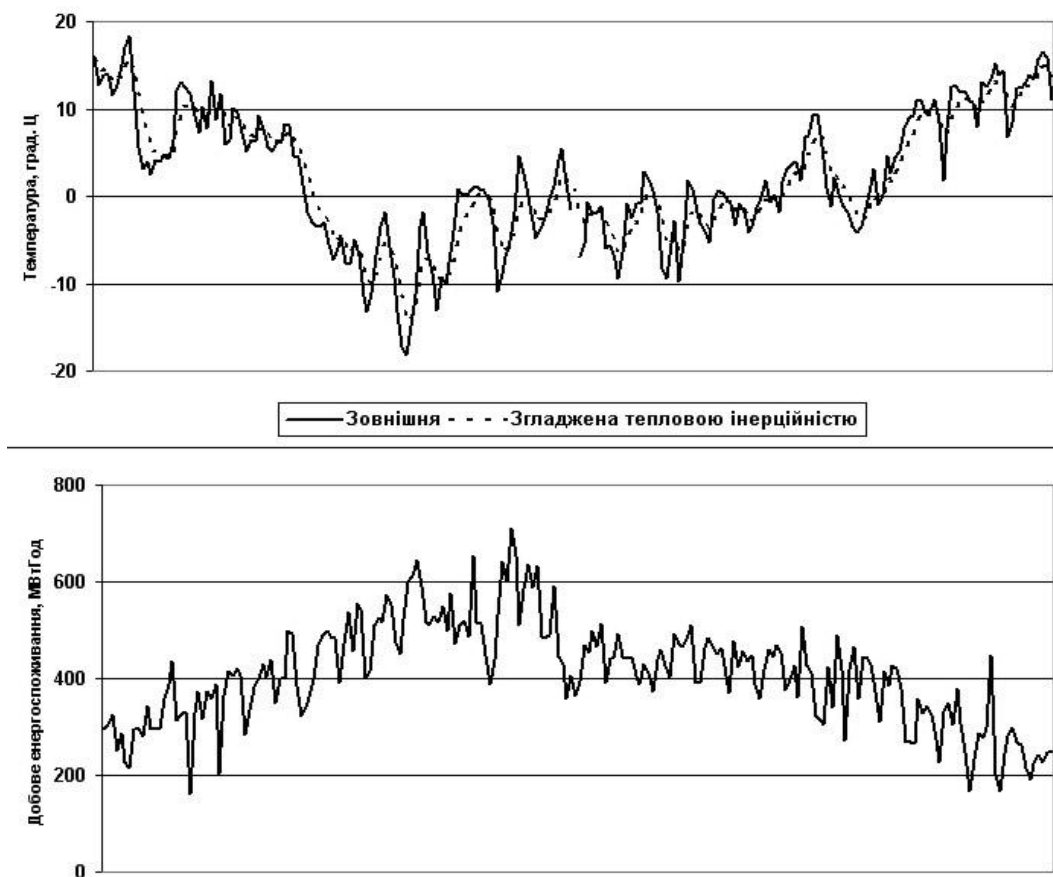


Рис. 6.5 Дзеркальне співвідношення між температурою і енергоспоживанням

Висновок: Під час опалювального сезону середньодобове споживання електричної потужності перебуває в лінійній спадній залежності від температури зовнішнього повітря, згладженої тепловою інерційністю будівель житлової забудови. Максимальне енергоспоживання на потреби опалення під час похолодань може у два рази перевищувати середню потужність споживання на всі інші потреби, що створює перевантаження в мережі.

Адекватною моделлю теплової інерційності житлової забудови є алгоритм експоненціального згладжування — дискретний аналог аперіодичної ланки з сталою часу 2,6 доби. Цей параметр інтегрально враховує теплову інерційність

					Арк.
					44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

будівель, а також інерційність систем керування. Такий алгоритм керування виникає стихійно, як інтегрований результат взаємодії численних систем ручного та автоматичного регулювання температури — як за відхиленням, так і за збуренням — як локально в будівлях, так і централізовано.

Ідентифікація сталої часу теплової інерційності житлової забудови проведена шляхом мінімізації коефіцієнта кореляції між середньодобовим електроспоживанням та середньодобовою температурою зовнішнього повітря, згладженою з урахуванням теплової інерційності, за рахунок варіювання шуканої сталої часу на комп'ютерній моделі.

Стала часу теплової інерційності будівлі може слугувати критерієм якості теплоізоляції, яка може приймати значення в діапазоні від 10 годин у панельних будинках до 35 годин у цегляних. Завдяки якісній теплоізоляції цей показник може бути збільшений у кілька разів.

Запропонована методика може бути рекомендована для оцінки та порівняння інтегральних характеристик теплоізоляції будівель житлової забудови з метою покращення теплових характеристик забудови та зниження електроспоживання на опалення.

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. Алгоритм експоненційного згладжування

Алгоритм експоненційного згладжування використовується в даній роботі як модель теплової інерційності будівель у системі стихійного електроопалення.

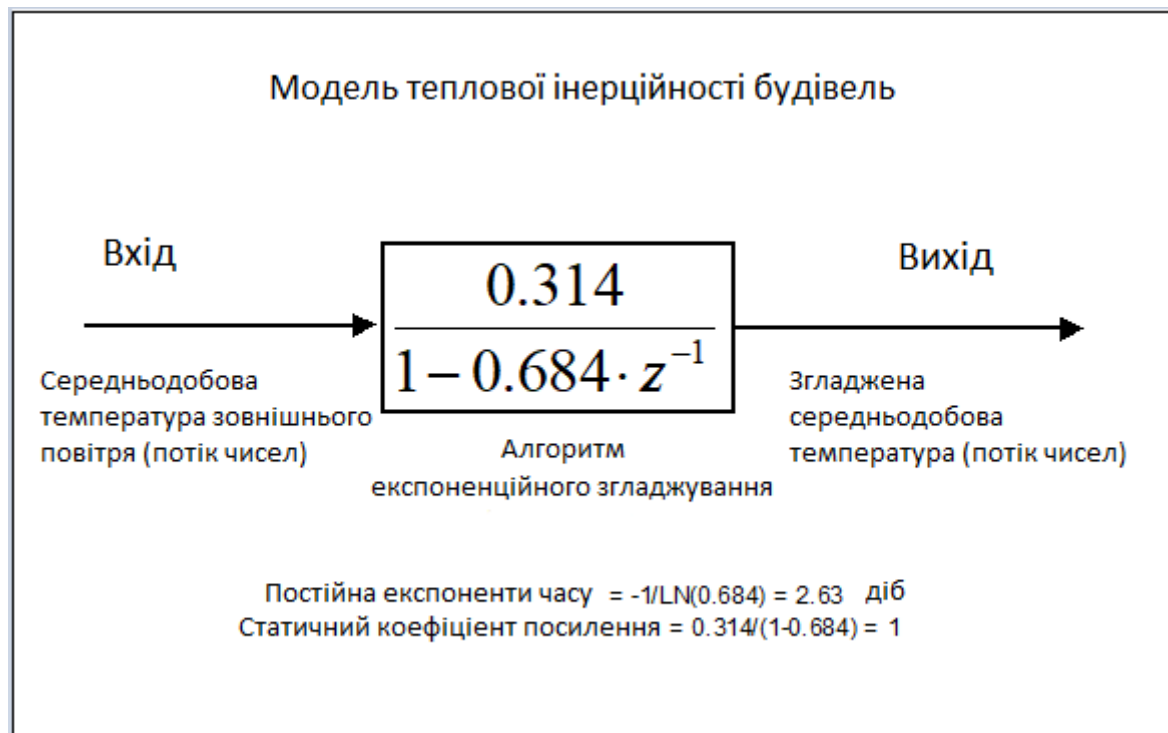


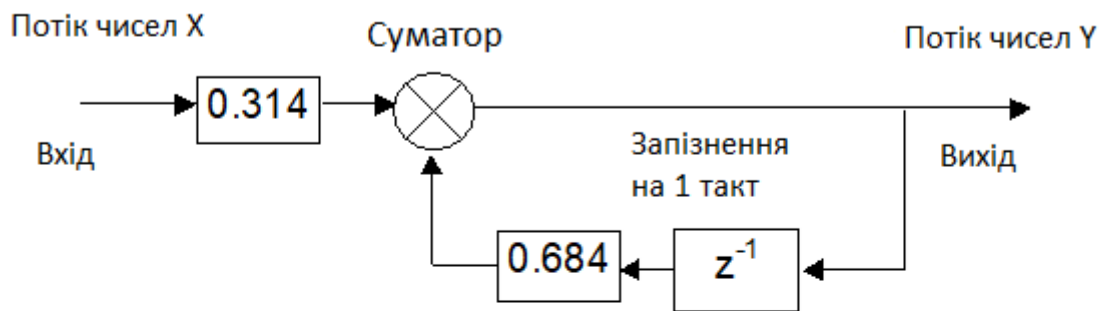
Рисунок. 7.1 Модель теплової інерційності будівель

Алгоритм експоненційного згладжування є найпростішим лінійним стаціонарним цифровим алгоритмом згладжування числових потоків у реальному часі. Він є дискретним аналогом аперіодичної ланки.

Найекономічніше цей алгоритм реалізується за рекурсивною схемою (з зворотним зв'язком), якій відповідає рекурсивне різницеве рівняння (вихідний результат повторно використовується на наступному такті) та передавальна функція із знаменником (рис. 7.2).

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структурна схема алгоритму експоненційного згладжування у реальному часі



Розрахункове різницеве рівняння алгоритму експоненційного згладжування

$$Y_n = 0.684 \cdot Y_{n-1} + 0.314 \cdot X_n \quad (n - \text{номер такта})$$

Передатна функція алгоритму експонентного згладжування

Запис до функції  $z^{-1}$

Еквівалентний запис у функції  $z$

$$W(z^{-1}) = \frac{0.314}{1 - 0.684 \cdot z^{-1}}$$

$$W(z) = \frac{0.314 \cdot z}{z - 0.684}$$

Рисунок. 7.2 Основні форми представлення алгоритму експоненційного згладжування

Перехідна характеристика алгоритму експоненційного згладжування (реакція на одиничний стрибок) являє собою експоненту (рис. 7.3).

Статичний коефіцієнт передачі знайдемо, підставивши в передавальну функцію 1 замість  $z$ , отримаємо:

$$0.314 / (1 - 0.684) = 1.$$

Стала часу експоненти дорівнює  $-1 / \text{LN}(0.684) = 2.63$  доби.

Зазначена стала часу теплової інерційності будівлі може слугувати критерієм якості теплоізоляції, яка може набувати значень у діапазоні від 10 годин у панельних будинках до 35 годин у цегляних будинках. Завдяки добрій теплоізоляції стала часу теплової інерційності будівель може бути збільшена у кілька разів.

1	Одиничний стрибок	Перехідна функція алгоритму експоненційного згладжування
2	0,0	0,000
3	0,0	0,000
4	0,0	0,000
5	1,0	0,316
6	1,0	0,532
7	1,0	0,680
8	1,0	0,781
9	1,0	0,850
10	1,0	0,898
11	1,0	0,930
12	1,0	0,952
13	1,0	0,967
14	1,0	0,978
15	1,0	0,985
16	1,0	0,990

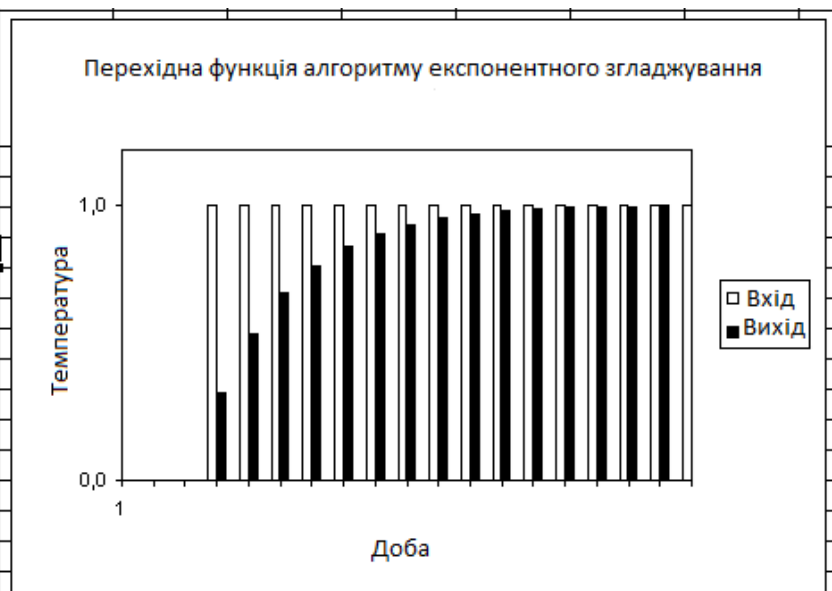


Рисунок. 7.3 Перехідна функція (реакція на одиничний стрибок) алгоритму експоненційного згладжування

Чисельні значення параметрів моделі теплової інерційності будівель отримані методом статистичної ідентифікації попереднього розділу.

## 8. Вибір електролічильника для збору даних електроспоживання

Для збору даних про електроспоживання в межах районної забудови доцільно використовувати сучасний багатотарифний електролічильник, що відповідає чинним стандартам України, має можливість дистанційного зчитування показань та передачі їх у систему моніторингу.

У даній роботі обрано лічильник електричної енергії трифазний А1800.



Рисунок 8.1. Лічильник електричної енергії трифазний А1800

Багатофункціональний мікропроцесорний лічильник А1800 призначений для обліку активної і реактивної енергії та потужності в трифазних мережах змінного струму в режимі багатотарифності, зберігання вимірних даних в своїй пам'яті, а також передачі їх по цифровим і імпульсним каналах зв'язку на диспетчерський пункт контролю, обліку і розподілення електроенергії.

Лічильник А1800 обладнаний двома незалежними цифровими портами із різним набором інтерфейсів (RS-485/RS-232 + RS-485 або Ethernet) для

					Арк.
					49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

підтримки різних завдань в інформаційному обміні, що дозволяє використовувати один прилад в двох системах АСКОЕ та АСКОЕ одночасно.

Лічильник А1800 дозволяє вести запис до 40 каналів профілів, а саме 8 каналів профілю навантаження по енергії і потужності, та до 32 каналів параметрів мережі з двома різними інтервалами усереднення (1, 2, 3, 5, 6, 10, 15, 30 і 60 хв.).

#### Технічні характеристики:

- Номінальна напруга: 3-х та 4-х -дротова 3х57,7...230/100...400В -20% ... 20%;
- Номінальна частота: 50 Гц, +/-5%;
- Номінальний / максимальний струм: 1... 5(10)А, 5(120)А;
- Клас точності: Клас 0.2S, 0.5S - ДСТУ EN 62053-22;  
Клас 1 - ДСТУ EN 62053-21;
- Електронні виходи: 4 електронних виходів 27-265V, 100mA;
- Інтерфейси: Оптичний інтерфейс, Основний порт RS485/RS485, Додатковий порт RS485, Додатковий порт Ethernet, Додатковий порт RS485 (Modbus);
- Годинник реального часу: Точність внутрішньої батареї < 5ppm або <0,5с/доба;
- Джерело додаткового живлення: Джерело змінного струму від 57В до 240В  
Джерело постійного струму від 80В до 340В;
- Температурні умови: Робоча температура -40°C...+70°C;  
Температура зберігання -40°C...+80°C;  
Відносна вологість до 98% неконденсуєма вологість;
- Клас захисту: IP54;
- Вага: < 2 кг;

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Габаритні і установочні розміри лічильника А1800 наведені на рис.8.2.

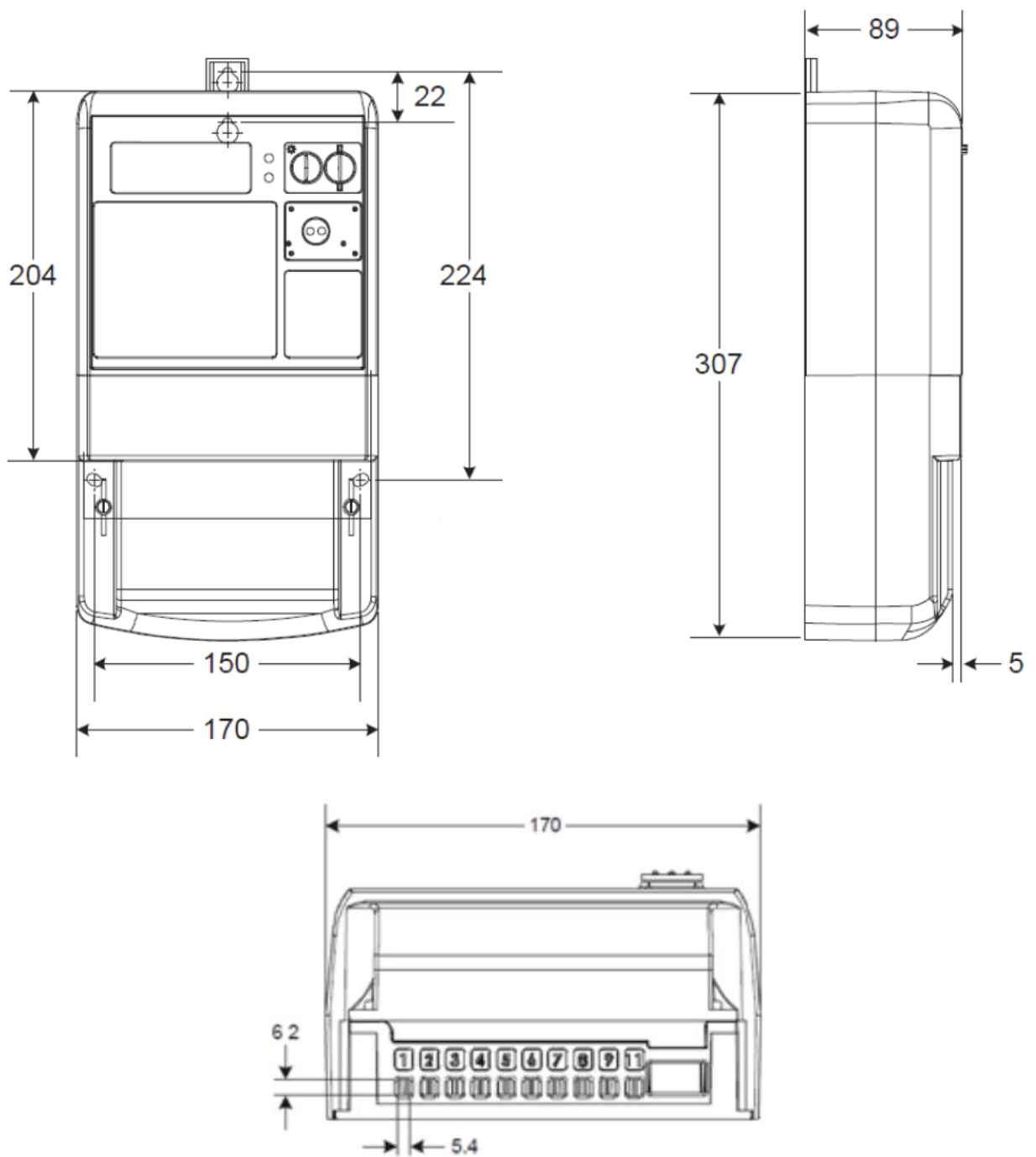


Рисунок 8.2. Габаритні і установочні розміри лічильника А1800

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

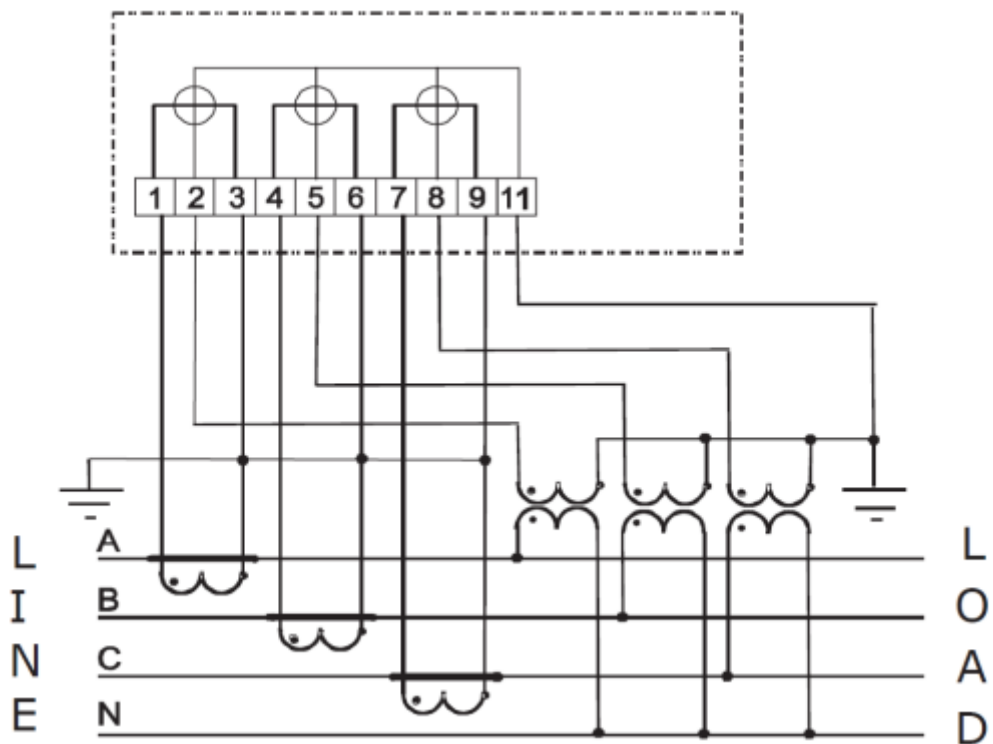


Рисунок 8.3. Схема підключення до чотирьохпровідної мережі з заземленою нейтраллю

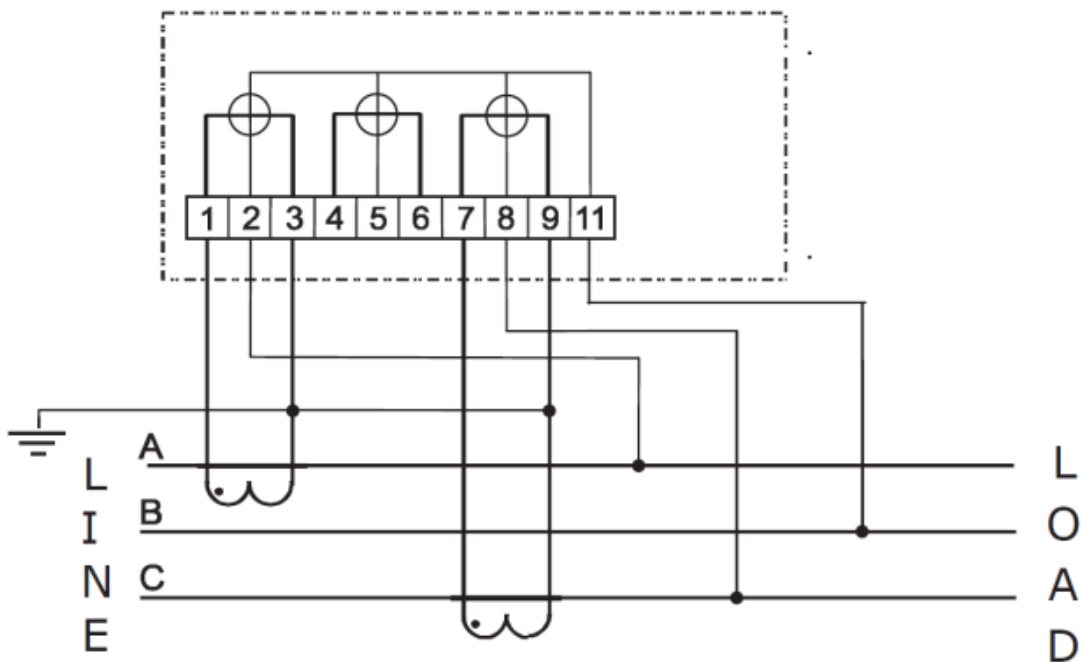


Рисунок 8.4. Схема підключення до трипровідної мережі з ізолюваною нейтраллю

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

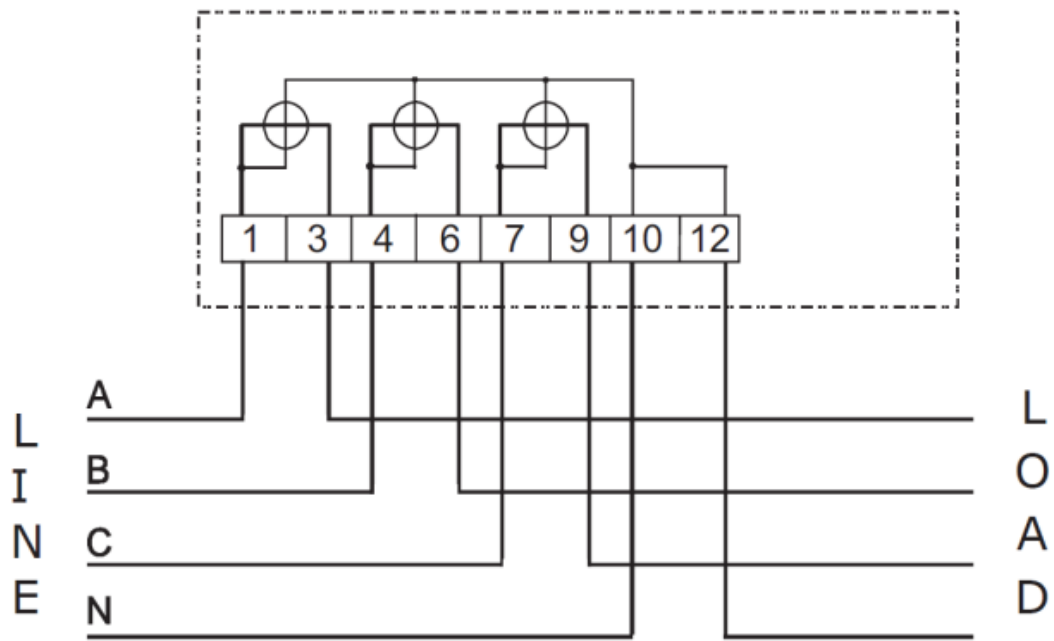


Рисунок 8.5. Схема підключення 3-х елементного лічильника безпосереднього включення до 4-х провідної мережі напругою 0,4 кВ

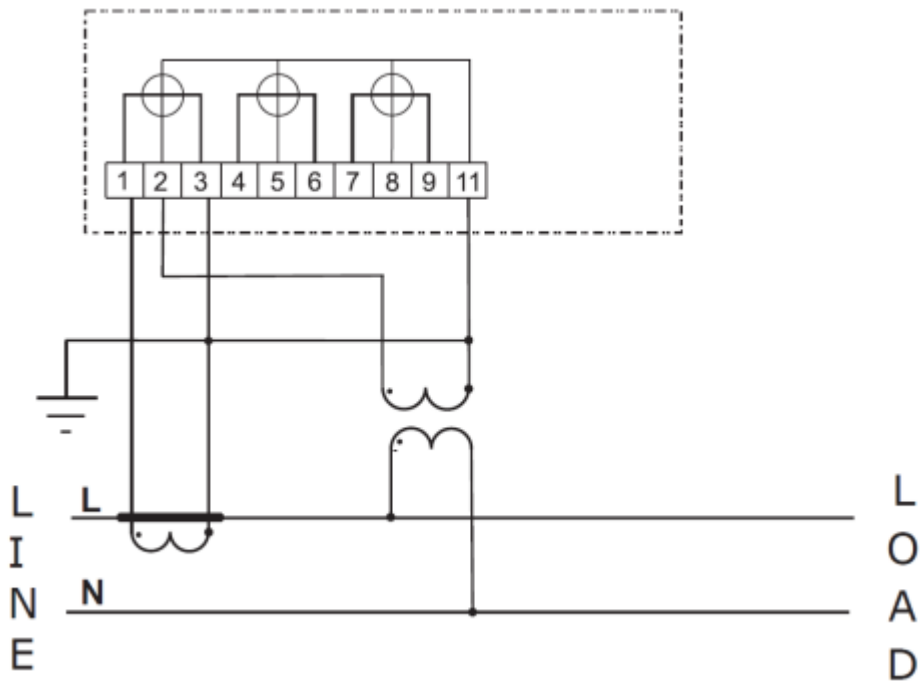
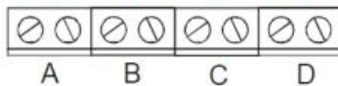


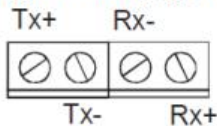
Рисунок 8.6. Схема підключення до однофазної мережі

### Імпульсні вихідні реле

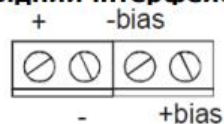


A = Wh del  
 B = varh del  
 C = Wh rec  
 D = varh rec

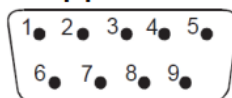
### 4-х провідний інтерфейс RS-485



### 2-х провідний інтерфейс RS-485

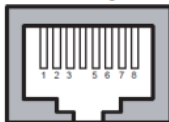


### Інтерфейс RS-232



1 = NC      6 = DSR  
 2 = Rx      7 = RTS  
 3 = Tx      8 = NC  
 4 = DTR    9 = NC  
 5 = GND

### Роз'єм RJ45 (Ethernet)



1 = Transmit +    5 = NC  
 2 = Transmit -    6 = Receive -  
 3 = Receive +    7 = NC  
 4 = NC            8 = NC

Рисунок 8.7. Схеми підключення інтерфейсів і допоміжних виходів

Для побудови систем АСКОЕ на базі лічильників А1800, можуть бути використані три типи інтерфейсів лічильника: імпульсні вихідні пристрої і інтерфейси RS232, RS485 в будь-якій комбінації. При застосуванні цифрових інтерфейсів вдається більш повно використовувати функціональні можливості лічильника для отримання інформації про облік електроенергії, параметри мережі, про процес експлуатації, результати самодіагностики і т.п. Цифрові інтерфейси можуть використовуватися і в разі підвищених вимог до достовірності переданої або прийнятої інформації, оскільки протокол обміну лічильника А1800 передбачає видачу підтвердження про правильність прийнятої або переданої інформації.

## 9. Охорона праці і техніка безпеки

### 9.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

У межах даної роботи здійснено аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть виникати під час експлуатації систем електропостачання та споживання електроенергії в умовах районної забудови, зокрема в контексті дослідження колективної поведінки систем управління опаленням.

Метою проведення такого аналізу є виявлення потенційних загроз для життя та здоров'я персоналу, який обслуговує або експлуатує енергетичне обладнання, а також визначення необхідних заходів безпеки для запобігання нещасним випадкам. Окрім цього, аналіз спрямований на забезпечення відповідності чинним нормативним документам з охорони праці та промислової безпеки.

Результати аналізу були систематизовані у вигляді таблиці, в якій зазначено конкретні виробничі фактори та відповідні нормативні документи, що регламентують допустимі рівні впливу та заходи захисту.

Таблиця 9.1

Виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	2	3	4
Електричний струм	Підключення, обслуговування, аналіз споживання електроенергії, робота з АСКОВЕ, підключення вимірювальної апаратури	380В 220В 24В	НПАОП 40.1-1.21-98 ПУЕ -2017 НПАОП 40.1-1.32-01 НПАОП 40.1-1.01-97

					Арк.
					55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Мікроклімат	Робота з обладнанням у приміщеннях технічного обслуговування, серверних або щитових	Температура, t°С, 22-24  вологість, f %, 40 – 60 %  рухливість повітря, V м/с, 0,1 – 0,3	ДСН 3.3.6.042-99
Шум	Робота поблизу силових щитів, трансформаторів, вентиляційних установок	<80 дБ	ДСН 3.3.6.037-99
Пожежна безпека	Наявність силових кабелів, трансформаторів, електрощитового обладнання, мереж у закритих приміщеннях	K <sub>п/б</sub> : II  K <sub>вог.</sub> : ВЗ	ДСТУ Б В.1.1.-36:2016  НАПБ В.01.056-2013/111  ДБН В.2.5-56:2014  ДСТУ EN ISO 7010:2019
Розташування робочого місця	Монтаж, ревізія систем електроживлення у розподільчих щитах, кабельних лотках, на щоглах тощо	>1,3, м	ДБН А.3.2-2-2009(р.19)  ДБН В.2.2-41:2019
Освітлення робочої зони	Роботи з монтажу, експлуатації, техобслуговування АСКОВЕ в умовах недостатнього природного або штучного освітлення	не менше 300 лк	ДБН В.2.5-28-2018  ДСТУ Б.А. 3.2.-15:2011
Атмосферна електрика	Захист від блискавок	Категорія блискавкозахисту (Ккат): II	ДСТУ EN 62305-3:2012

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9.2 Аналіз визначених шкідливих та небезпечних виробничих факторів

### Електричний струм

У процесі проєктування, обслуговування та експлуатації автоматизованих систем контролю і обліку електроенергії (АСКОЕ), зокрема при аналізі електроспоживання у районній забудові, одним із найнебезпечніших чинників виробничого середовища є дія електричного струму. Це пояснюється тим, що практично всі технічні засоби, які використовуються у таких системах, працюють від електричної енергії, а персонал постійно контактує з елементами, які перебувають під напругою або можуть опинитися під нею внаслідок аварійних ситуацій.

Загальна характеристика безпеки.

Електричний струм — це невидимий, але надзвичайно небезпечний фактор, дія якого може мати миттєвий і згубний вплив на організм людини. Найменший необережний контакт зі струмопровідними частинами може призвести до тяжких травм, ураження органів, серцево-судинної системи, опіків, а в окремих випадках — до летального наслідку. Особливо небезпечна ситуація складається у випадках роботи на об'єктах з напругою понад 220 В, що є стандартом у побутовому секторі, або 380 В — у трифазних промислових мережах.

Джерела потенційної безпеки.

У межах реалізації даного проєкту, джерелами електричного струму можуть бути:

- автоматизовані лічильники електроенергії;
- вторинні кола вимірювання та контролю;
- електричні шафи управління і збору даних;
- розподільчі пристрої і силові кабельні мережі;
- щитове обладнання, трансформатори, джерела живлення;

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- змінні джерела (наприклад, генератори, акумулятори в системах резервного живлення).

Також джерелом небезпеки можуть бути частково приховані або відкриті струмопровідні елементи, які з часом можуть втратити ізоляцію, внаслідок старіння обладнання, дії вологи або механічного пошкодження.

Фізіологічна дія струму на організм.

Згідно з даними *НПАОП 40.1-1.21-98*, *НПАОП 40.1-1.01-97* та *ПУЕ-2017*, ступінь небезпеки електричного струму залежить від його величини (сили струму), роду (постійний чи змінний), частоти, шляху протікання через тіло людини та тривалості впливу:

- при струмі 1 мА — з'являється відчуття поколювання;
- при 10–15 мА — виникають судоми м'язів і параліч;
- при 25–50 мА — можлива зупинка дихання;
- при >100 мА — фібриляція серця та смертельний результат.

Змінний струм частотою 50 Гц (промисловий стандарт) вважається особливо небезпечним через його здатність спричиняти фібриляцію міокарда.

Типові виробничі ситуації, пов'язані з ризиком ураження.

У системах обліку енергії ризик контакту з напругою зростає:

- під час підключення лічильника до силової мережі;
- при відкриванні щитових панелей без знеструмлення;
- у разі наявності несправностей у ізоляції проводів;
- за умови високої вологості або сирості в приміщеннях (трансформаторні підстанції, підвали);
- під час технічного обслуговування без достатніх засобів захисту.

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Попередження ураження: засоби захисту та профілактика.

Щоб знизити ризик ураження електричним струмом, застосовуються такі технічні та організаційні заходи:

- використання діелектричних засобів захисту: рукавичок, килимків, боти, щитків, ізолювального інструменту;
- чітке маркування обладнання під напругою;
- встановлення попереджувальних табличок та плакатів;
- планова перевірка стану заземлення і занулення;
- встановлення автоматичних вимикачів, УЗО;
- наявність наочних схем живлення та заборон на проведення робіт без наряду-допуску;
- щорічні інструктажі та атестація персоналу з електробезпеки;
- перевірка знань і допусків до роботи з електроустановками;
- постійне дотримання технологічної дисципліни.

### Мікроклімат

Мікроклімат — це сукупність параметрів повітряного середовища в робочій зоні приміщення, які безпосередньо впливають на тепловий стан організму людини, її самопочуття, працездатність, здоров'я та, відповідно, безпеку виконання виробничих завдань. До основних мікрокліматичних параметрів належать:

- температура повітря;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання (у спеціальних випадках).

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ці параметри регламентуються санітарними нормами відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 "Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень", а також вимогами ДБН В.2.2-10:2021 "Будівлі і споруди. Промислові будівлі".

У межах даної роботи — дослідження колективної поведінки систем управління опаленням — параметри мікроклімату мають не лише гігієнічне, а й енергетичне значення. Вони є об'єктивними вхідними змінними, які визначають попит на теплову енергію в опалюваних приміщеннях. Водночас, на робочих місцях персоналу, що обслуговує системи енергопостачання, АСКОВЕ, електрощитове обладнання або працює у серверних, щитових, диспетчерських, умови мікроклімату мають бути суворо контрольованими.

Джерела мікрокліматичних порушень.

Порушення оптимальних умов мікроклімату можуть бути зумовлені:

- відсутністю або несправністю системи вентиляції чи кондиціонування повітря;
- надлишковим тепловиділенням від електрообладнання;
- недоліками теплоізоляції приміщення (втрати тепла взимку, перегрів улітку);
- перепадами температури у приміщенні протягом дня;
- протягами, або навпаки — застійним повітрям;
- надмірною вологістю (підвали, неопалювані технічні приміщення).

Нормативні параметри мікроклімату (ДСН 3.3.6.042-99)

Згідно з чинними санітарними нормами, для робіт категорії Іа – Іб (інтелектуальна праця, робота сидячи або з незначною фізичною активністю) в умовах холодного періоду року оптимальними є:

- Температура повітря: 22–24 °С
- Відносна вологість: 40–60 %
- Швидкість повітря: до 0,1 м/с

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустимі значення (тобто граничні, за яких ще не погіршується стан здоров'я) у холодний період:

- Температура: 20–26 °С
- Вологість: 30–70 %
- Швидкість руху повітря: до 0,2 м/с

У серверних, апаратних або щитових приміщеннях, де розміщується обладнання АСКОВЕ, встановлюються окремі вимоги, зокрема щодо температурного режиму не вище 27 °С, з постійною вентиляцією для відведення тепла.

Негативні наслідки відхилення параметрів мікроклімату

Відхилення від нормативних значень можуть призводити до:

- зниження працездатності (при температурі < 18 °С або > 28 °С);
- підвищеного ризику професійних захворювань (наприклад, простудні, серцево-судинні ускладнення);
- підвищеного потовиділення, зневоднення, перегріву організму;
- порушення точності виконання робіт, зниження концентрації уваги (особливо у диспетчерів, аналітиків, операторів систем);
- підвищеної втомлюваності, головного болю, дратівливості;
- перегріву апаратури — у випадку підвищеної температури у серверних та щитових.

Усе це напряду впливає на якість та безпечність робіт, а отже — потребує системного контролю.

									Арк.
									61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## Шум

Шум — це безперервні або імпульсні коливання повітря, які викликають слухові відчуття людини, але також можуть бути джерелом фізіологічного, психологічного або навіть професійного навантаження. В умовах технічних приміщень, де розміщено обладнання автоматизованих систем обліку електроенергії (АСКОЕ), електрощитове устаткування, сервери, трансформатори або вентиляційні агрегати — шум є одним із найбільш поширених та недооцінених шкідливих факторів.

На відміну від короткочасних акустичних подразників, постійний шум чинить накопичувальну дію на організм, викликаючи хронічні зміни в слуховому апараті, нервовій системі, серцево-судинній та інших фізіологічних функціях. Це робить проблему шумового забруднення актуальною навіть у невиробничих приміщеннях.

У контексті даної роботи джерелами шуму можуть бути:

- силові трансформатори, розташовані в підстанціях;
- вентилятори, кондиціонери, системи охолодження серверних приміщень;
- стабілізатори напруги, безперебійні джерела живлення (UPS);
- електронне і релейне комутаційне обладнання;
- активна комп'ютерна техніка (сервери, маршрутизатори);
- шум від електроінструменту при монтажі та обслуговуванні;
- системи автоматичного тестування та діагностики;
- зовнішні джерела — вуличний транспорт, будівництво, сусідні підприємства.

Наявність кількох джерел одночасно створює сумарне шумове навантаження, яке може перевищувати допустимі санітарні норми навіть у технічних приміщеннях.

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму", допустимий рівень шуму в робочій зоні залежить від характеру праці та її категорії:

- для категорії робіт Іа – Іб (розумова, контрольна, диспетчерська діяльність) — максимально допустимий рівень шуму не повинен перевищувати 50–55 дБА;
- для приміщень з періодичним перебуванням персоналу — не більше 70 дБА;
- короточасне перевищення не повинно сягати 80 дБА навіть у виробничих умовах;
- імпульсний шум не повинен перевищувати 110 дБА;
- на робочих місцях зі встановленими ПЕОМ — не більше 45 дБА.

Вимірювання рівня шуму здійснюється відповідно до ДСТУ ISO 1999:2018 "Акустика. Визначення впливу шуму на слух", з використанням шумомірів класу точності не нижче 2.

Постійна дія шуму навіть нижче больового порогу може викликати: зниження уваги та концентрації, підвищену втомлюваність, дратівливість, порушення сну та серцевого ритму, головний біль, нервові перенапруження, тимчасову або стійку приглухуватість, зниження продуктивності праці (до 30% при рівні шуму >70 дБА).

У тривалій перспективі — формуються професійні захворювання слухового апарату, зокрема сенсоневральна приглухуватість, яка є незворотною.

#### Методи зниження рівня шуму

- встановлення антишумових екранів, кожухів, звукопоглинаючих матеріалів;
- ізоляція шумових джерел (сервери — в окремому модулі, трансформатори — в звукоізольованій камері);

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розміщення джерел шуму подалі від постійних робочих місць;
- використання малошумного обладнання при проектуванні;
- беруші, навушники з шумопоглинанням;
- при роботах з електроінструментом — протишумові каски.

У межах цього проекту передбачається розміщення обладнання у технічних приміщеннях районної забудови, таких як серверні, щитові та підрозділи збору даних. Згідно з попередніми акустичними розрахунками, очікуваний рівень шуму не перевищує 60 дБА, що є припустимим за умов короткочасного перебування персоналу, однак потребує обов'язкового акустичного моніторингу.

### **Пожежна безпека**

Пожежна безпека — це один із найважливіших компонентів системи охорони праці, який передбачає комплекс організаційних, технічних, інженерних і профілактичних заходів, спрямованих на запобігання виникненню пожеж, обмеження їх поширення, захист життя і здоров'я людей, а також збереження матеріальних цінностей та інфраструктури.

В умовах реалізації проекту з аналізу електроспоживання в районній забудові та дослідження роботи опалювальних систем, пожежна безпека набуває особливої актуальності через високу щільність електрообладнання, велику кількість споживачів, а також можливу наявність застарілої або несертифікованої проводки у житловому фонді.

Джерела потенційної пожежної небезпеки.

У ході експлуатації автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ), а також загальних систем електроживлення та опалення, пожежна безпека може бути пов'язана з такими факторами:

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- коротке замикання в електромережі (220 В / 380 В);
- перевантаження електричних ліній;
- старіння або пошкодження ізоляції кабелів;
- іскріння в місцях неякісного з'єднання проводів;
- використання несертифікованих електроприладів;
- скупчення легкозаймистих матеріалів поблизу електрощитів;
- перегрів електричних або опалювальних приладів;
- відсутність блискавкозахисту на будівлях;
- неправильне зберігання балонів, горючих рідин, текстильних виробів;
- людський фактор (неуважність, необережність, порушення правил безпеки).

Зокрема, підвищений ризик мають підвали, технічні поверхи, дахові приміщення, де можуть бути розташовані трансформатори, електрощити, розподільчі коробки.

Усі будівлі та споруди повинні бути класифіковані за ступенем вогнестійкості, категорією пожежної небезпеки та вибухопожежної небезпеки (категорії А, Б, В1–В4, Г, Д).

### **Розташування робочого місця**

Робочі місця, що розташовані на висоті понад 1,3 метра від рівня підлоги або землі, відповідно до нормативних документів України, належать до зони підвищеної небезпеки. Така класифікація обумовлена наявністю ризику падіння працівника з висоти, що може призвести до травмування різного ступеня тяжкості — від забоїв до летального результату. Особливої уваги вимагає організація безпечних умов праці під час монтажу, обслуговування або ревізії обладнання, розміщеного в умовах обмеженого доступу, на дахах, щоглах, стінах, всередині технічних шахт тощо.

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У межах виконання проєкту зі статистичного аналізу електроспоживання у районній забудові значна частина обладнання, зокрема електролічильники, елементи АСКОЕ, кабельні лотки, антени бездротового передавання даних, сенсори та блоки живлення, можуть розміщуватися в технічних нішах, на фасадах або дахах будівель, тобто на висоті понад 1,3 м, що автоматично переводить такі види робіт у розряд висотних.

#### Заходи безпеки

- встановлення огорожень, поручнів, захисних сіток на висотних майданчиках;
- використання спеціальних підйомних пристроїв, вишок, драбин з фіксацією;
- забезпечення стійкої опори під ноги та інструменти;
- монтаж антипадінної системи захисту (канати, страхувальні пояси, каски).
- страхувальні пояси та прив'язі;
- каски захисні з ременем фіксації;
- взуття з антиковзкою підошвою;
- засоби освітлення (налобні ліхтарі тощо) для робіт у темний час доби або в технічних приміщеннях;
- запобіжні карабіни та системи обмеження переміщення.

#### Освітлення робочої зони

Освітлення є одним із ключових чинників, які забезпечують безпеку, продуктивність і якість праці. Воно прямо впливає на зорове навантаження працівника, його здатність до концентрації, швидкість реакції, точність виконання дій та загальне самопочуття. Недостатнє освітлення робочої зони — це умовний термін, що означає, що фактичний рівень освітленості (вимірюваний у люксах) не відповідає вимогам до конкретного виду робіт, визначених державними будівельними та санітарними нормами.

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У межах реалізації проєкту, пов'язаного зі збором, моніторингом та аналізом даних про електроспоживання в районній забудові, забезпечення оптимального освітлення має принципове значення, оскільки багато видів робіт (робота з щитами, монтаж АСКОЕ, зчитування даних, ревізія електричних з'єднань) виконуються в обмежених, технічних або підвальних приміщеннях, де природне світло або повністю відсутнє, або є дуже слабким.

Для електротехнічних робіт, які передбачають точність, візуальний контроль, роботу з дрібними деталями та дисплеями, нормативи освітленості становлять:

Категорія робіт	Мінімальна освітленість, лк
Монтаж/ремонт електрощитового обладнання	300 лк
Робота на ПЕОМ / з дисплеями	400–500 лк
Серверна кімната, щитова, підвал	200–300 лк

Порушення нормативів призводить до таких негативних наслідків:

- Підвищення зорового навантаження — перенапруження очей, слезотеча, зниження гостроти зору.
- Погіршення точності виконання робіт — особливо при комутації дрібних елементів, маркуванні проводів, роботі з автоматами.
- Зростання помилок та виробничого браку — некоректне з'єднання, неправильне підключення.
- небезпека ураження електричним струмом — через помилки при з'єднанні в умовах поганої видимості.
- Підвищений рівень загальної втоми, головний біль, зниження концентрації.
- Психоемоційний дискомфорт, зростання стресу у працівників.

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Атмосферна електрика

Атмосферна електрика — це сукупність електричних явищ, що виникають у земній атмосфері внаслідок природних процесів, зокрема грозових розрядів. Найнебезпечнішим з них для людини, обладнання та об'єктів інфраструктури є блискавка — потужний електричний розряд між хмарами або між хмарою і землею.

Ураження блискавкою здатне спричинити миттєве руйнування обладнання, виникнення пожежі, ураження електричним струмом, втрату даних, зупинку систем управління. Зважаючи на те, що тема дипломного проекту пов'язана з електроспоживанням та опалювальними системами районної забудови, захист від атмосферної електрики набуває особливої актуальності. Це стосується як житлових будинків, так і технічних приміщень, де встановлено системи обліку, автоматики, лічильники, мережеве та енергетичне обладнання.

Для об'єктів районної забудови, в яких є електрощити, лічильники, Wi-Fi-модулі, АСКОЕ, системи зв'язку, рекомендовано не нижче категорії Ккат II блискавкозахисту.

Блискавкозахист — це система захисних заходів від блискавок, які гарантують безпеку людей, збереження будівель і споруд, обладнання та матеріалів від вибухів, загорання й руйнування. Найпростішими і надійними способами захисту від блискавки є створення блискавковідводів (громовідводів). Вони бувають стержневі, тросові (антени), сітчасті і комбіновані.

Будь-який блискавковідвід складається з блискавкоприймача, який безпосередньо сприймає удар блискавки; несучої опори, на якій розташовують блискавкоприймач; струмопроводу, яким струм блискавки стікає на землю; заземлювача, який забезпечує розтікання струму блискавки в землі.

Блискавкоприймачі виготовляють зі сталі довжиною 1 – 1,5 м і площею поперечного розрізу не менше 100 мм. Струмопроводи виготовляють зі сталювого дроту діаметром не менше 6 мм.

								Арк.
								68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Заземлювачі роблять з металевих труб, кутників або стержнів аналогічно до заземлювачів електроустановок.

Зона захисту громовідводу – це частина простору, всередині якого будівлі, споруди та інші об'єкти захищені від ударів блискавки з певним рівнем надійності 95% (тип Б) і понад 99% (тип А). Розкид зони захисту блискавковідводу визначають за спеціальними формулами.

### Висновок

У межах кваліфікаційної роботи було проаналізовано основні шкідливі та небезпечні виробничі фактори, що виникають під час роботи з електрообладнанням у районній забудові. Серед найважливіших ризиків визначено дію електричного струму, пожежну небезпеку, роботу на висоті, атмосферну електрику, недостатнє освітлення, шум і несприятливі мікрокліматичні умови.

Для кожного фактора наведено джерела виникнення, нормативні вимоги та рекомендації щодо запобігання їхньому впливу. Дотримання чинних стандартів (НПАОП, ДБН, ДСТУ, ДСН) дозволяє створити безпечні умови праці, мінімізувати виробничі ризики та забезпечити надійну експлуатацію енергетичних систем.

						Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Загальні висновки

Під час опалювального сезону існує сильна від'ємна кореляція між погодними варіаціями температури та регіональним споживанням електроенергії. Похолодання спричиняють зростання енергоспоживання з затримкою на 1-2 доби, що викликано тепловою інерційністю житлової забудови.

Системний аналіз вказаної кореляційної залежності дозволив отримати чисельне значення сталої часу теплової інерційності конкретної забудови (2,6 доби). Цей параметр може використовуватись для оцінки інтегральних характеристик теплоізоляції будівель різних житлових забудов, з метою їх покращення та зниження енергоспоживання на опалення.

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

- 1) С.В.Іносов, В.М. Ілларіонов, Н.О. Сабалаєва. Ідентифікація системи стихійного електроопалення в районній електромережі. Мехатронні системи : інновації та інжиніринг : тези доповідей VI Міжнародної наук.-практ. конф. / Київ : КНУТД, 2022. с. 170 – 171
- 2) Державні будівельні норми України. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель ДБН В 2.6-31–2021. – К.: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.– 133 с. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/06/dbn-v.2.6-31.pdf>
- 3) ТеплоCeramic «Опалення для будинку. Порівняння різних видів опалювальних систем» [Електронний ресурс]. <https://teploceramic.ua/ua/sistemy-otopleniya-doma-sravnenie-ch-1.html>
- 4) Паспорт лічильника електричної енергії А1800 [Електронний ресурс] – <https://senergy.com.ua/upload/files/items/3/3e09336b9167affe58e36f1d4415.pdf>
- 5) Альтернативна енергетика та Еко-технології [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://alteco.in.ua/ua/78-tehnologii/546-avtonomnyi-budynok>
- 6) Іносов С.В., Ідентифікація системи стихійного електроопалення в районній електромережі. Праці міжнародної науково-технічної конференції „Сучасна автоматизація: проблеми та перспективи”, «Вісник Київського національного університету технологій та дизайну», / С.В.Іносов. - 2008, - с. 541.
- 7) С.В. Іносов, Т.Г. Соболевська, Н.И. Самойленко, К.В. Сідун. Дослідження температурних збурень для систем автоматизації опалення будівель. Управління розвитком складних систем. – № 6, 2012, – с. 159-161
- 8) С.В. Іносов, В.М. Корнієнко. Оптимізація алгоритму автоматичного регулювання тепловими процесами. Управління розвитком складних систем. – № 13, 2013, – с. 104-108
- 9) Іносов С. В., Бондарчук О.В. Зв'язок похибок вимірювання температури з динамікою регулювання теплового об'єкту. Управління розвитком складних систем. – № 35, 2018, – с. 162-166
- 10) Іносов С.В., Статистична ідентифікація моделі автоматизованої системи централізованого теплопостачання. Управління розвитком складних систем.– 2010. – № 2. – с. 67 – 69.
- 11) Іносов С.В., Шікалов В.С. Адаптивне прогнозування енергоспоживання. Промислова електроенергетика та електротехніка. 2001. - Вип. 1, с. 44-46.

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Додатки

					Статистичний аналіз електроспоживання районної забудови з метою ідентифікації колективної поведінки систем управління опаленням.			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					<b>Додатки</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>							72	79
						<b>КНУБА Каф. АТП гр. АКІТс-22</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

## Додаток 1. Слайди презентації

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХИТЕКТУРИ  
ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИЗАЦІЇ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

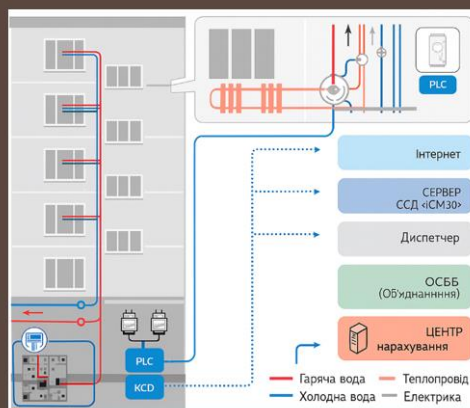
Кваліфікаційна робота

Статистичний аналіз електроспоживання районної забудови з метою ідентифікації  
колективної поведінки систем управління опаленням

Виконав студент: Гомон І.В.

Керівник: Іносов Сергій Вікторович к.т.н., доцент

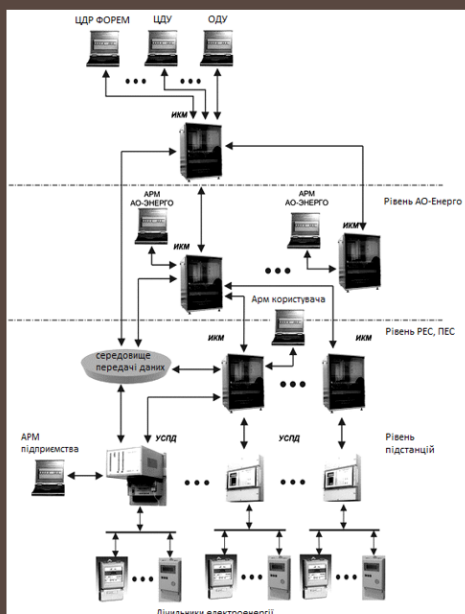
### Принципи побудування і роботи автоматизованих систем контролю і обліку електроенергії



Автоматизована система  
контролю та обліку  
енергетичних ресурсів в  
багатоквартирному будинку

						Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Ієрархічна структурна схема регіональної АСКОЕ



За принципом організації існуючі АСКОЕ можна розділити на два типи: локальні (для окремих підприємств) та регіональні (багаторівневі).

У ситуації, коли необхідно організувати збір та обробку даних від кількох локальних АСКОЕ, створюється регіональна АСКОЕ (РАСКОЕ), що являє собою багаторівневу систему.

## Структурна схема мікропроцесорного лічильника.



Лічильник зазвичай складається з вимірювальних датчиків струму та напруги, схем вимірювання (АЦП - аналого-цифрові перетворювачі), мікроконтролера, що обробляє цифрові сигнали, пам'яті для зберігання даних лічильника. Вся інформація лічильника виводиться на рідкокристалічне табло

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

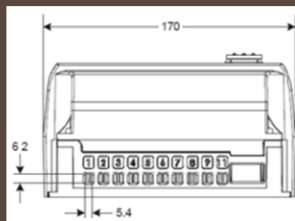
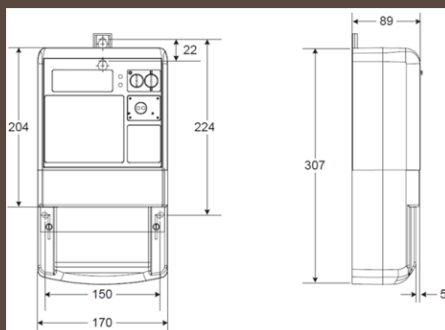
## Вибір електролічильника для збору даних електроспоживання

Для збору даних про електроспоживання в межах районної забудови доцільно використовувати сучасний багатотарифний електролічильник.

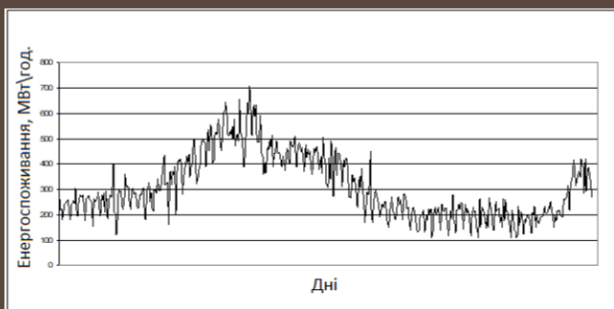
У даній роботі обрано лічильник електричної енергії трифазний А1800.

Для побудови систем АСКОЕ на базі лічильників А1800, можуть бути використані три типи інтерфейсів лічильника: імпульсні вихідні пристрої і інтерфейси RS232, RS485 в будь-якій комбінації.

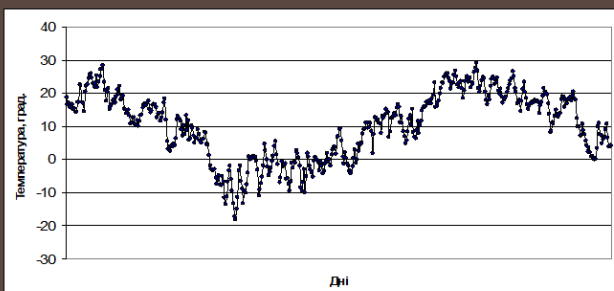
Лічильник А1800 дозволяє вести запис до 40 каналів профілів



## Вхідні дані для системного аналізу



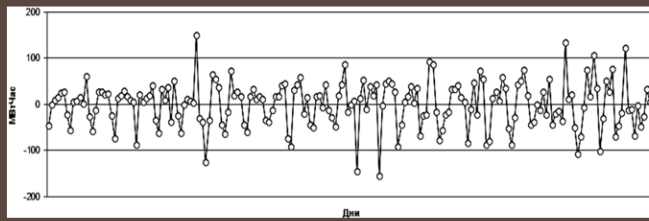
графік добового споживання електроенергії



графік середньодобової температури

						Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Тижневий цикл електроспоживання

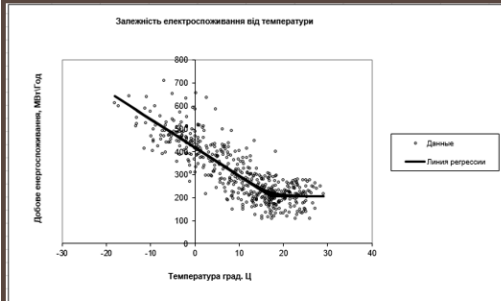


Варіація споживання електроенергії щодо сезонного тренду має чітко виражену тижневу циклічність із періодом 7 днів

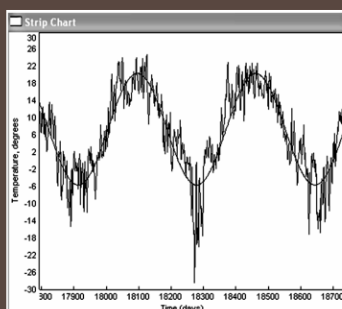


Спостерігається суттєвий спад електроспоживання у вихідні дні (особливо у неділю). Дещо знижено енергоспоживання у понеділок. Очевидно, це пов'язано із змінами промислового навантаження.

## Залежність електроспоживання від температури



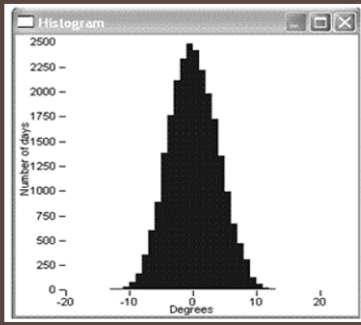
Виявлено, що протягом опалювального сезону споживана електрична потужність перебуває у спадній лінійній залежності від температури зовнішнього повітря. При температурах вище 17 градусів енергоспоживання перестає залежати від температури.



Переважаюча частина теплової енергії в Україні витрачається на опалення будівель різного, в першу чергу житлового призначення. Перелом у гірший бік у питаннях теплопостачання та теплозбереження в країні відбувся у шістдесятих роках минулого століття, коли почалося масове будівництво бетонних енергонеефективних будівель.

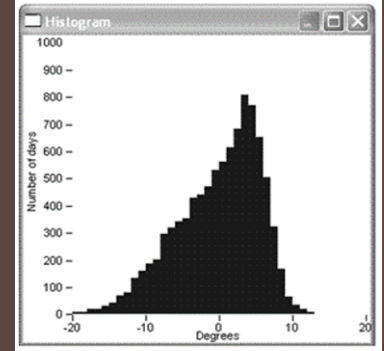
Україна є країною з аномально сильними імпульсними похолоданнями в зимовий опалювальний період. На рисунку показано таке аномально сильне пікове похолодання до  $-29$  градусів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



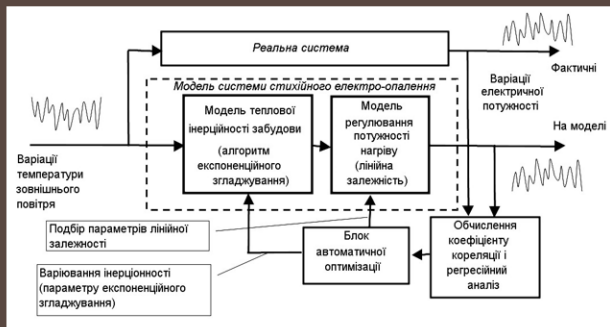
Гістограма розподілу погодних варіацій середньодобової температури для весни, літа, осені. Розподіл симетричний, нормальний. Отже, виконуються умови центральної граничної теореми: варіації викликані великою кількістю незалежних випадкових факторів, жоден з яких не переважає.

Аналогічна гістограма для зими. Розподіл відрізняється сильною асиметрією (-0.7) у бік аномально сильних для даної широти похолодань (на 10 градусів нижче очікуваних нормальних значень). Крім того, взимку середньоквадратичне значення температурних погодних варіацій збільшується в півтора рази (з 3.9 до 5.7 град.). Отже, порушено умови центральної граничної теореми: взимку з'являється якийсь додатковий суттєвий фактор, що діє нелінійно.



## Ідентифікація теплової інерційності будови

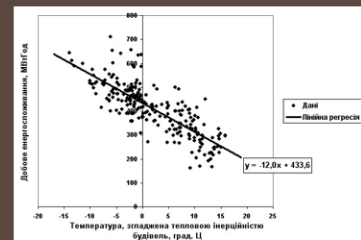
Мета дослідження - оцінка інтегральних характеристик теплоізоляції будівель житлової забудови за результатами статистичного аналізу споживання електроенергії протягом опалювального сезону.



Ідентифікація параметрів системи стихійного електро-опалення



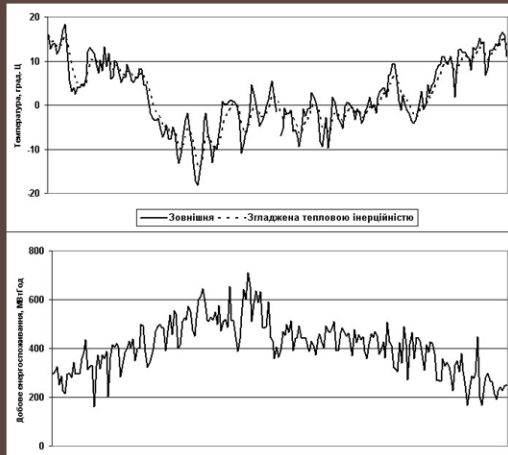
Залежність коефіцієнту кореляції між енергоспоживанням і згладженою температурою від шуканої сталої часу теплової інерційності будови



Діаграма розсіювання з лінійною регресією між енергоспоживанням і згладженою температурою

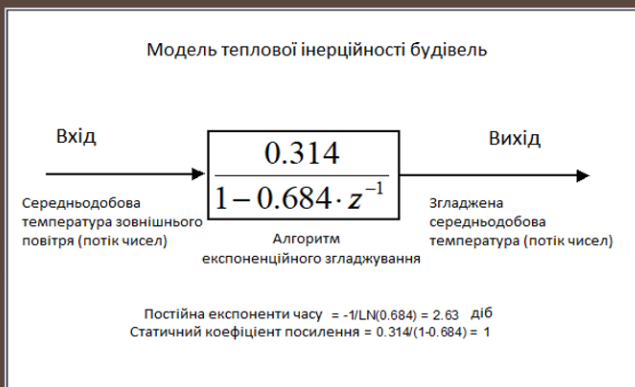
						Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплова інерційність системи достатньо згладжує погодні варіації температури, щоб виправдати необхідність її врахування в моделі, але недостатньо для повного згладжування похолодань. Похолодання дзеркально відображаються на графіку споживання електроенергії.



Під час опалювального сезону середньодобове споживання електричної потужності перебуває в лінійній спадній залежності від температури зовнішнього повітря, згладженої тепловою інерційністю будівель житлової забудови. Максимальне енергоспоживання на потреби опалення під час похолодань може у два рази перевищувати середню потужність споживання на всі інші потреби, що створює перевантаження в мережі.

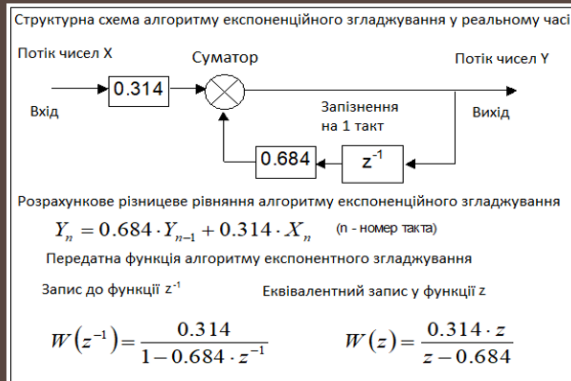
### Алгоритм експоненційного згладжування



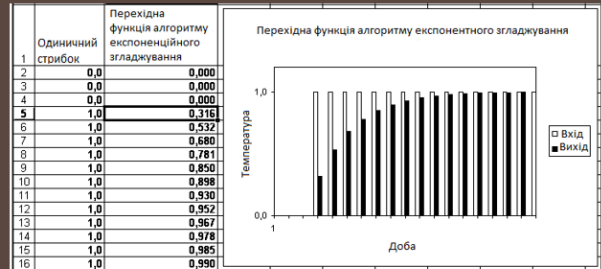
Алгоритм експоненційного згладжування використовується в даній роботі як модель теплової інерційності будівель у системі стихійного електроопалення

Цей алгоритм є найпростішим лінійним стаціонарним цифровим алгоритмом згладжування числових потоків у реальному часі. Він є дискретним аналогом аперіодичної ланки.

Модель теплової інерційності будівель



Основні форми представлення алгоритму експоненційного згладжування



Чисельні значення параметрів моделі теплової інерційності будівель отримані методом статистичної ідентифікації попереднього розділу.

### Загальний висновок

Під час опалювального сезону існує сильна від'ємна кореляція між погодними варіаціями температури та регіональним споживанням електроенергії. Похолодання спричиняють зростання енергоспоживання з затримкою на 1-2 доби, що викликано тепловою інерційністю житлової забудови.

Системний аналіз вказаної кореляційної залежності дозволив отримати чисельне значення сталої часу теплової інерційності конкретної забудови (2,6 доби). Цей параметр може використовуватись для оцінки інтегральних характеристик теплоізоляції будівель різних житлових забудов, з метою їх покращення та зниження енергоспоживання на опалення.