

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

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

**Кафедра електропостачання**

«На правах рукопису»

УДК 621.311.24+621.355

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В. А. Попов

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2018 р.

## **Магістерська дисертація**

**зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**  
**спеціалізації Системи електропостачання**

на тему: «Автоматизована система обліку та статистичного аналізу  
електроспоживання офісного центру»

Виконав: студент 2 курсу, групи ОЕ-71мп

Нагірич Владислав Валерійович \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

д.т.н., проф. Волошко А. В. \_\_\_\_\_

Консультант з нормоконтролю:

ас. Прокопенко І.Д. \_\_\_\_\_

Рецензент:

каф. АУЕК, д.т.н., проф. Терентьєв О.М. \_\_\_\_\_

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

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2018 року

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

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Системи електропостачання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Нагіричу Владиславу Валерійовичу

1. Тема дисертації: Автоматизована система обліку та статистичного аналізу електроспоживання великого офісного центру;

науковий керівник дисертації: д.т.н., проф. Волошко Анатолій Васильович

затверджені наказом по університету від «05» листопада 2018 р. № 4089-с

2. Термін подання студентом дисертації: «18» грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження: процеси електроспоживання в офісному будинку.

4. Вихідні дані: Спосіб прогнозування та оптимізація споживання енергоресурсів. Методика визначення бальної системи у випадку застосування методу експертних оцінок для порівняльного аналізу АСКОЕ.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- Проаналізувати сучасні АСКОЕ на предмет їх використання для вирішення задач в офісних центрах (на основі методу експертних оцінок).

- Проаналізувати методи застосування обробки інформації для оптимізації споживання енергоресурсів.

- На основі проведених досліджень розробити спосіб (методику) прогнозування та оптимізації споживання енергоресурсів в офісних центрах.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація – наочні матеріали за результатами дослідження, алгоритми розрахунків та таблиці з отриманими результатами.

7. Перелік публікацій:

Нагірич В.В. Методика визначення бальної системи у випадку застосування методу експертних оцінок для порівняльного аналізу систем АСКОЕ. / В.В. Нагірич // Збірник матеріалів і тез конференції «І науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ» – Київ, 2018.

8. Консультанти розділів дисертації:

Нормоконтроль                      ас. Прокопенко І.Д.

9. Дата видачі завдання: 18 квітня 2018 року

## Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації                                      | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|--|--|----------|
| 1.    | Визначення мети, об'єкту, предмету дослідження.                                      | 18.04.2018-23.04.2018                            |          |
| 2.    | Визначення попередньої структури дисертації  | 23.04.2018-27.04.2018                            |          |
| 3.    | Огляд літератури та робота над першим розділом                                       | 27.04.2018-27.05.2018                            |          |
| 4.    | Аналіз водневих технологій та робота над другим розділом                             | 27.05.2018-27.06.2018                            |          |
| 5.    | Проведення розрахунків та робота над третім розділом                                 | 27.06.2018-01.10.2018                            |          |
| 6.    | Розробка стартап-проекту   | 01.10.2018-15.11.2018                            |          |
| 7.    | Оформлення дисертації  | 15.11.2018-25.11.2018                            |          |
| 8.    | Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування | 25.11.2018-09.12.2018                            |          |
| 9.    | Передзахист МД   | 10.12.2018-14.12.2018                            |          |
| 10.   | Захист дисертації  | 17.12.2018-20.12.2018                            |          |

Студент \_\_\_\_\_

Нагірич В. В.

Науковий керівник дисертації \_\_\_\_\_

Волошко А. В.

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація виконана на тему «Автоматизована система обліку та статистичного аналізу електроспоживання офісного будинку». Містить 77 сторінок, 18 рисунків, 16 таблиць та 37 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

**Актуальність теми.** Крім існуючих в енергетиці України проблем, пов'язаних з подорожчанням енергоресурсів, а також з великими втратами електроенергії, існує ще одна важлива проблема, а саме - нерівномірність добових графіків навантаження по регіонах. Виникла необхідність у вживанні заходів, що сприяють вирівнюванню цих графіків. Вирішення цих проблем є актуальними в нашій країні і в усьому світі, перспективної є реалізація системи, яка дозволила б об'єднати локальні вузли обліку для створення єдиного вимірювально-інформаційного простору для одноразового, безперервного, автоматичного контролю над технологічними процесами генерації, транспортування та споживання енергоресурсів, а також організації комерційних розрахунків між постачальниками і споживачами енергоресурсів.

Застосування систем АСКОЕ зводить до мінімуму участь людини на етапі вимірювання, збору, обробки даних. Також АСКОЕ забезпечує достовірний, оперативний, адаптований до різних тарифних систем облік електроенергії.

Також сьогоднішній день, на ринку представлені велика кількість різних продуктів систем автоматичного обліку. Кожна компанія, яка надає свій продукт, описує його характеристики, можливості, послуги. Щоб вибрати необхідну систему, яка буде відповідати встановленим вимогам, потрібно провести їх порівняння.

**Мета і задачі дослідження.** Метою є аналіз сучасних систем АСКОЕ на предмет їх використання, для подальшого оптимізації і прогнозування споживання енергоресурсів.

**Об'єкт дослідження** – процеси електроспоживання в офісному будинку.

**Предметом дослідження** є способи та засоби оптимізації споживання енергоресурсів, з використанням систем АСКОЕ.

Наукові результати дисертаційної роботи були отримані з використанням статистичного аналізу графіку електричного споживання.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Полягає в розробці способу прогнозування та оптимізації споживання енергоресурсів і методика визначення бальної системи у випадку застосування методу експертних оцінок для порівняльного аналізу АСКОЕ.

**Практичне значення одержаних результатів.** Полягає в застосування розробленого способу прогнозування та оптимізації споживання енергоресурсів, що дає змогу зменшити їх споживання (у випадку наявності інформації від АСКОЕ).

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень були оприлюднені на науково-технічній конференції та включені в збірники праць:

1. «Методика визначення бальної системи у випадку застосування методу експертних оцінок для порівняльного аналізу систем АСКОЕ»  
Перша науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ – 21 листопада 2018 року.

**Ключові слова:** АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ, ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ, ДОБОВЕ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ, РАНЖУВАННЯ.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП .....  | 9  |
| 1 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....  | 12 |
| 1.1 Огляд структурної організації автоматизованої системи комерційного обліку<br>електричної енергії.....  | 12 |
| 1.2 Методи оцінювання систем автоматизованого обліку .....   | 14 |
| 1.3 Прогнозування та оптимізація споживання енергетичних ресурсів .....  | 15 |
| 1.4 Статистичний аналіз .....  | 18 |
| 2. ПОБУДОВА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ<br>ОФІСНОГО ЦЕНТРУ.....  | 22 |
| 2.1 Методика визначення бальної оцінки.....  | 22 |
| 2.2 Технічні засоби побудови автоматизованої системи обліку електроенергії ...   | 25 |
| 2.3 Програмні засоби побудови автоматизованої системи обліку електроенер-<br>гії.....  | 32 |
| 2.4 Висновок.....  | 38 |
| 3 СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ.....  | 40 |
| 3.1 Графік електричного навантаження робочих та вихідних днів, та їх аналіз ...  | 40 |
| 3.2 Оцінка впливу різноманітних факторів на режими електроспоживання .....   | 46 |
| 3.3 Побудова моделі прогнозу графіка електричного навантаження та її аналіз ..   | 49 |
| 3.4 Висновок.....  | 59 |
| 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....   | 60 |
| 4.1 Опис ідеї проекту .....  | 60 |
| Поки немає конкурента в Україні, оскільки даний тип оптичного опитування<br>поширений тільки для статичного опитування і настройки електронного<br>лічильника обслуговуючим персоналом. .... | 61 |
| 4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....  | 61 |
| 4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....  | 63 |
| 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту .....   | 65 |
| 4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....   | 66 |
| 4.6 Висновки .....   | 68 |
| ВИСНОВКИ .....   | 70 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....  | 72 |

## ВСТУП

Зростання цін на енергоресурси зумовило в останні роки різку зміну ставлення до організації енергообліку в промисловості та інших енергоємних галузях і житлово-комунальне господарство. Сформовані ще в період планової економіки організаційні принципи і інфраструктура сфери обліку енергоресурсів на сьогодні залишилися практично без змін. Система обліку енергоресурсів, має місце понаднормативні їх втрати. Основна частина втрат складалася з втрат від розкрадання, безгосподарності, неефективного використання обладнання і оплачувалися споживачем через систему тарифів, субсидій або дотацій, які фінансувалися з державного і місцевих бюджетів.

У зв'язку з переходом економіки країни на ринкові умови роботи, важливе значення набувають питання достовірного обліку електроенергії на всіх рівнях її виробництва, передачі та споживання. В промислового розвинених країнах з ринковою економікою енергоресурси розглядаються як будь-який інший товар - об'єкт купівлі-продажу, на яку поширюються всі чинні правила комерційного обліку щодо їх кількості та якості. Тому наявність всебічного комерційного обліку енергоресурсів розглядається як невід'ємний елемент, притаманні принципам побудови ринкових економічних відносин, який зумовлює і технічне забезпечення такого обліку. Облік охоплює всі ланки виробництва і споживання енергоресурсів, однак комерційний облік стосується виключно сфери покупки-продажу, тобто регулює взаємовідносини між продавцями і покупцями (як суб'єктами господарювання, так і фізичними особами). Внутрішній (технічний) облік енергоресурсів, який охоплює власне технологічні процеси підприємств суб'єкта ринку енергоресурсів, залишається прерогативою підприємств. до останнього часу в Україні були відсутні підприємства з виробництвом необхідного спектра вимірювальної техніки, засобів збору, передачі та обробки інформації. Була відсутня також нормативна база і концепція створення таких пристроїв. Тому в 2000 році було прийнято рішення про розробку галузевої програми і концепції розвитку автоматизованих систем

обліку електроенергії в умовах Енергоринку - державного підприємства, що здійснює керівництво оптовим ринком електричної енергії. Використання автоматизованих систем управління в будь-яких сферах життя і діяльності дозволяє здійснювати точний і швидкий контроль за споживанням енергоресурсів, підвищуючи достовірність обліку, оптимізуючи витрати на енергоресурси.

Прогнозування графіків навантаження енергосистеми є важливим завданням стратегічного управління режимами енергосистем. На основі прогнозу навантажень визначають кількість і потужність генеруючих джерел, що працюють в базовому і піковому режимі, склад основного технологічного устаткування, параметри характерних режимів. За прогнозом навантажень також знаходять оптимальні режими енергосистеми, вибирають склад працюючого устаткування і розподіляють резерви, розглядають заявки на ремонт обладнання і дають відповідний дозвіл на його проведення.

Прогнозування електричного навантаження забезпечує основну вихідну інформацію для прийняття рішень при управлінні електроенергетичними системами в процесі планування їх нормальних електричних режимів. Короткострокове і оперативне прогнозування графіків навантаження електроспоживання є на сьогоднішній день одним з найбільш важливих напрямків досліджень в електроенергетиці [2, 4, 8].

**Об'єкт дослідження** – процеси електроспоживання в офісному будинку.

**Предмет дослідження.** Способи та засоби оптимізації споживання енергоресурсів, з використанням систем АСКОЕ.

Наукові результати дисертаційної роботи були отримані з використанням статистичного аналізу графіку електричного споживання.

**Методи дослідження.** Наукові результати дисертаційної роботи були отримані з використанням статистичного аналізу, методів математичного моделювання.

**Предметом дослідження** є способи та засоби оптимізації споживання енергоресурсів, з використанням систем АСКОЕ.

Наукові результати дисертаційної роботи були отримані з використанням статистичного аналізу графіку електричного споживання.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Полягає в розробці способу прогнозування та оптимізації споживання енергоресурсів і методика визначення бальної системи у випадку застосування методу експертних оцінок для порівняльного аналізу АСКОЕ.

**Структура й обсяг магістерської дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 76 сторінок, 18 рисунків, 16 таблиць, переліку використаних джерел зі 37 найменувань.

## **1 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

Сучасні великі офісні будівлі використовують велику кількість ресурсів, таких як тепло, холодну і гарячу воду, а також електричну енергію, яка є основним енергоресурсом і використовується на освітлення, роботу оргтехніки, кондиціонування і систем вентиляції. Вбудовані системи обліку споживання електричної енергії таких будівель мають досить просту структурну організацію, що включає в себе аналогові і цифрові лічильники різних виробників, встановлені на укрупнених групах споживачів[5]. Така система обліку не дозволяє виробляти якісний аналіз енергоспоживання, а також виробляти заходи щодо його зниження[4].

Для підвищення енергоефективності офісних будівель необхідно впровадження системи автоматичного обліку енергоресурсів[1], здатної працювати з великою кількістю виробників облікового обладнання, що має можливість ручного введення даних і експорту. Впровадження такої системи дозволить виробляти більш якісний аналіз споживання, які сприяють оперативному прийняттю рішень по оптимізації. Володіючи великим обсягом даних і результатів його аналізу, підприємство може більш точно прогнозувати витрати електроенергії[3].

### **1.1 Огляд структурної організації автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії**

Автоматизована система контролю і обліку енергоресурсів (АСКОЕ) - система електронних програмно-технічних засобів для автоматизованого, в реальному масштабі часу дистанційного вимірювання, збору, передачі, обробки, відображення і документування процесу вироблення, передачі або споживання енергоресурсів по заданій множині просторово розподілених точок їх вимірювання, що належать енергооб'єктів суб'єкта енергосистеми або споживача.

Пристрій збору та передачі даних (ПЗПД) – мікропроцесорний пристрій (контролер) для запиту і прийому даних вимірювання та обліку від

групи електролічильників по цифровим або іншим інтерфейсів, обробки отриманих даних, передачі їх в канал зв'язку на верхній рівень АСКОЕ, а також зворотної передачі в електролічильники службових даних.

Розглянемо спрощену схему структурної організації типової системи автоматичного обліку енергоспоживання, рисунок 1.1. Основою системи є сервер, що дозволяє збирати, зберігати і обробляти дані[30-31]. До цього сервера через маршрутизатори за допомогою різних провідних (RS485, Ethernet) і бездротових технологій зв'язку (GPRS, GSM) підключаються концентратори, встановлені на об'єктах і об'єднують в групи пристрої збору даних[6]. Також до сервера підключаються робочі станції, які являють собою персональні комп'ютери з встановленим програмним забезпеченням використовуваної АСКОЕ. Для малих підприємств, що використовують всього одну робочу станцію, ця ж станція може бути сервером[2].

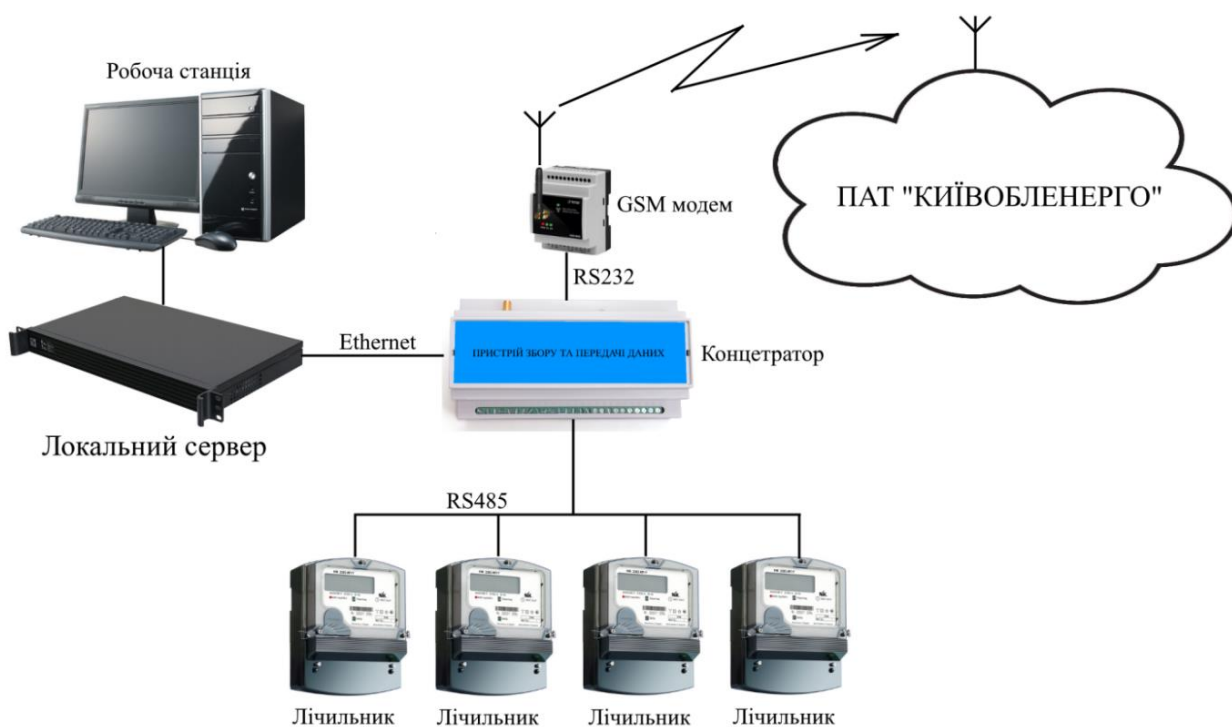


Рисунок 1.1 - Спрощена схема структурної організації АСКОЕ

## 1.2 Методи оцінювання систем автоматизованого обліку

На даний час на ринку використовується велика кількість автоматизованих систем комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ). Всі вони відрізняються як технічними, програмними, так і функціональними можливостями. Тобто для конкретного підприємства, установи потрібно вибрати оптимальну структуру побудови АСКОЕ з точки зору ефективності її застосування[1]. Для порівняльного аналізу АСКОЕ з точки зору їх застосування в великому офісному центрі було проаналізовано ряд сучасних методів порівняльного аналізу. В результаті даного дослідження був вибраний метод експертних оцінок.

Методи експертних оцінок є частиною великої області теорії прийняття рішень, а саме експертне оцінювання - процедура отримання оцінки проблеми на основі думки фахівців (експертів) з метою подальшого прийняття рішення (вибору).

У випадках надзвичайної складності проблеми, її новизни, недостатності наявної інформації, неможливості математичної формалізації процесу вирішення доводиться звертатися до рекомендацій компетентних фахівців які прекрасно знають проблему - до експертів. Їх рішення задачі, аргументація, формування кількісних оцінок, обробка останніх формальними методами дістали назву методу експертних оцінок.[12]

Існує дві групи експертних оцінок:

1. Індивідуальні оцінки засновані на використанні думки окремих експертів, незалежних один від одного.
2. Колективні оцінки засновані на використанні колективної думки експертів.

Способи вимірювання об'єктів:

1. Ранжування - це розташування об'єктів в порядку зростання або зменшення будь-якого властивого їм властивості. Ранжування дозволяє вибрати з досліджуваної сукупності факторів найсуттєвіший.
2. Парне порівняння - це встановлення переваги об'єктів при порівнянні всіх можливих пар. Тут не потрібно, як при ранжируванні, впорядковувати всі об'єкти, необхідно в кожній з пар виявити більш значимий об'єкт або встановити їх рівність.
3. Безпосередня оцінка. Часто буває бажаним не тільки впорядкувати (ранжувати об'єкти аналізу), але і визначити, на скільки один фактор найбільш значущий, ніж інші. В цьому випадку діапазон зміни характеристик об'єкта розбивається на окремі інтервали, кожному з яких приписується певна оцінка (бал), наприклад, від 0 до 10. Саме тому метод безпосередньої оцінки іноді називають також бальним методом.

### **1.3 Прогнозування та оптимізація споживання енергетичних ресурсів**

У загальному випадку прогнозуюча математична модель електроспоживання може включати в себе елементарні функції від будь-яких незалежних змінних, прийнятих в якості факторів, що впливають на величину споживання, за якими є достовірні фактичні дані, а також прогнози, отримані з офіційних джерел[21]. Методика допускає використання наступних незалежних змінних або факторів, що впливають:

- 1) час;
- 2) температура;
- 3) освітленість;
- 4) вологість;
- 5) опади;
- 6) швидкість і напрям вітру;

Довгострокові і короткострокові метеопрогнози, що включають метеорологічні параметри необхідні для використання в процесі прогнозування електроспоживання.

Також, зокрема врахування метеорологічних факторій, потрібно врахувати той факт, що в офісних приміщеннях в світлий і темний час доби в коридорах, підсобних приміщенні, цехах постійно працює система освітлення, навіть якщо в цій кімнаті людина не присутня.

Практика показує, що установка найпростіших таймерів, датчиків, контролюючих систему освітлення офісних приміщень, є найбільш оптимальним з точки зору економії споживання ресурсів і веде до відчутного зниженню витрат на експлуатацію об'єктів комерційної нерухомості. І чим більше площа, тим більше вражаючим, за показниками буде економія[7].

Для досягнення відчутного ресурсозбереження в офісних будівлях необхідно реалізувати наступні заходи.

Визначення шляхів зниження витрат енергетичних ресурсів починається з виявлення найбільш енергоємних напрямків:

В офісних будівлях найбільш енергоємними напрямками є: освітлення, циркуляція повітря в системах вентиляції і кондиціонування, циркуляція теплоносія в системах опалення, гаряче водопостачання, споживання води на санітарні та господарські потреби.

Так само, необхідно провести порівняльний аналіз споживання енергоресурсів з показниками аналогічних об'єктів. Якщо виявляються серйозні відхилення за витратами споживання, слідом проводиться інструментальне обстеження, яке вкаже місця нераціонального використання ресурсів. За підсумками, на підставі висновків і кошторисів пропонуються заходи, спрямовані на зниження витрат енергії[7, 8].

До числа ресурсозберігаючих заходів відноситься енергоаудит. В рамках аудиту стороння компанія протягом певного часу проводить заміри

теплоспоживання будівлі, енергоспоживання. На підставі отриманих даних виносяться рекомендації, як можна перебудувати роботу. На об'єктах, які знаходяться на етапі проектування або будівництва рекомендується планувати час роботи обладнання і скласти відповідний графік.

Ефективність оцінюється за термінами окупності. Заходи з терміном окупності більше п'яти років сьогодні практично не впроваджуються. До числа заходів з енергозбереження відносяться:

По електроенергії потрібна модернізація систем освітлення (заміна джерел світла на енергозберігаючі), оптимізація систем освітлення (встановлення датчиків руху та присутності), впровадження частотних приводів для ліфтів, в системах холодного і гарячого водопостачання, вентиляції і кондиціонування повітря, використання якісного електрообладнання в сфері енергоспоживання (наприклад, встановлювати якісні блоки живлення для встановлювати якісні блоки живлення для стаціонарних комп'ютерів).

Для підвищення ефективності обліку електричної енергії та контролю АСКОВЕ окрім лічильників комерційного обліку необхідно також включати лічильники технічного обліку електроенергії. Ці види обліку мають особливості. Комерційним обліком - називають споживання енергії підприємством для грошового розрахунку з постачальником. Технічний облік - для контролю споживання електричної енергії в середині підприємства по його електроприймачах, об'єктах, підрозділах. Комерційний облік консервативний. Для нього характерна наявність невеликої кількості точок обліку, для них треба встановлювати прилади підвищеної точності. Системи комерційного обліку повинні бути опломбовані, що обмежує можливість внесення до них будь-яких оперативних змін з боку підприємства. Технічний облік - динамічно і постійно розвивається, інформуючи мінливі вимоги споживання виробництва. Для нього характерна велика кількість точок обліку з різними поставленими задачами контролю

електричних ресурсів, за якими можна встановлювати прилади зниженою точності, в цілях економії коштів. Відсутність пломбування приладів дає змогу службі головного енергетика підприємства оперативно вносити зміни в схему технічного контролю електричних ресурсів, в уставки первинних вимірювальних приладів у відповідності з поточними змінами в схемі енергопостачання підприємства і специфікою розв'язуваних виробничих завдань [44-47].

Об'єднання лічильників комерційного і технічного обліку в єдину систему дає змогу формувати поточний баланс електроспоживання підприємства, котрий є основною базою для вдосконалення нормування енергоспоживання, оперативно виявляти і ліквідувати втрати і неефективні затрати електричної енергії всередині підприємства, визначати фактичну потужність, що використовується підприємством, в тому числі максимальну потужність в часи найбільших навантажень енергосистеми, і є невід'ємною умовою ефективного управління і оптимізації режимів електроспоживання підприємства[47-48]. Враховуючи специфіку комерційного і технічного обліку можна оптимізувати вартість створення АСКОЕ та її експлуатації. Створення єдиної системи на передній план виводить динамічний і статистичний контроль енергетичних потоків, створення багаторівневих і різночасових балансів, багатофакторний аналіз даних вимірювань, їх інтерполяція і екстраполяція для створення об'ємної картини ефективності використання енергії або оцінки роботи людей і устаткування[49-50].

#### **1.4 Статистичний аналіз**

Діяльність людей в безлічі випадків передбачає роботу з даними, а вона в свою чергу може мати на увазі не тільки оперування ними, але і їх вивчення, обробку та аналіз. Наприклад, коли потрібно ущільнити інформацію, знайти якісь взаємозв'язки або визначити структури. І якраз для аналітики в цьому випадку дуже зручно користуватися не тільки різними техніками мислення, а й застосовувати статистичні методи.

Особливістю методів статистичного аналізу є їх комплексність, обумовлена різноманіттям форм статистичних закономірностей, а також складністю процесу статистичних досліджень.

Статистичне дослідження може проводитися за допомогою наступних методик:

- статистичне спостереження;
- зведення і групування матеріалів статистичного спостереження;
- абсолютні і відносні статистичні величини;
- варіаційні ряди;
- вибірка;
- кореляційний і регресійний аналіз;
- ряди динаміки.

Розглянемо найбільш практичні методи статистичного аналізу даних.

**Абсолютні і відносні статистичні величини:** абсолютні величина вважаються найпершою формою подання статистичних даних. З її допомогою вдається надати явищ розмірні характеристики, наприклад, за часом, по протяжності, за обсягом, за площею, за масою і т.д.

Якщо потрібно дізнатися про індивідуальні абсолютних статистичних величинах, можна вдатися до вимірів, оцінки, підрахунку або зважування. А якщо потрібно отримати підсумкові об'ємні показники, слід використовувати зведення і угруповання. Потрібно мати на увазі, що абсолютні статистичні величини відрізняються наявністю одиниць виміру. До таких одиницям відносять вартісні, трудові і натуральні.

А відносні величини виражають кількісні співвідношення, що стосуються явищ соціального життя. Щоб їх отримати, одні величини завжди діляться на інші. Показник, з яким порівнюють (це знаменник), називають

підставою порівняння, а показник, якій порівнюють (це чисельник), називають звітної величиною.

Відносні величини можуть бути різними, що залежить від їх змістовної частини. Наприклад, існують величини порівняння, величини рівня розвитку, величини інтенсивності конкретного процесу, величини координації, структури, динаміки і т.д. і т.п.

Щоб вивчити якусь сукупність по диференцируючимся ознаками, в статистичному аналізі застосовуються середні величини - узагальнюючі якісні характеристики сукупності однорідних явищ по якій-небудь диференціюються ознакою.

Вкрай важливою властивістю середніх величин є те, що вони говорять про значення конкретних ознак у всьому їхньому комплексі єдиним числом. Незважаючи на те, що у окремих одиниць може спостерігатися кількісна різниця, середні величини виражають загальні значення, властиві всім одиницям досліджуваної комплексу. Виходить, що за допомогою характеристики чогось одного можна отримати характеристику цілого.

**Варіаційні ряди:** у деяких випадках даних про середні показники тих чи інших досліджуваних величин може бути недостатньо, щоб провести обробку, оцінку і глибокий аналіз якогось явища або процесу. Тоді до уваги слід брати варіацію або розкид показників окремих одиниць, який теж представляє собою важливу характеристику досліджуваної сукупності.

На індивідуальні значення величин можуть впливати багато факторів, а самі досліджувані явища або процеси можуть бути дуже різноманітні, тобто володіти варіацією (це різноманіття і є варіаційні ряди), причини якої слід шукати в сутності того, що вивчається.

Вищеназвані абсолютні величини знаходяться в безпосередній залежності від одиниць виміру ознак, а значить, роблять процес вивчення, оцінки та порівняння двох і більше варіаційних рядів більш складним. А

відносні показники потрібно обчислювати як співвідношення абсолютних і середніх показників.

**Кореляційний і регресійний аналіз:** кореляційний аналіз та регресійний аналіз - це два високоефективних методу, що дозволяють проводити аналіз великих обсягів даних для вивчення можливого взаємозв'язку двох або більшої кількості показників.

У випадку з кореляційним аналізом завданнями є:

1. Виміряти тісноту наявної зв'язку диференцируючихся ознак;
2. Визначити невідомі причинні зв'язку;
3. Оцінити фактори, які найбільшою мірою впливають на остаточний ознака.

А у випадку з регресійним аналізом завдання наступні:

1. Визначити форму зв'язку;
2. Встановити ступінь впливу незалежних показників на залежний;
3. Визначити розрахункові значення залежного показника.

Щоб вирішити всі вищеназвані завдання, практично завжди потрібно застосовувати і кореляційний і регресійний аналіз в комплексі.

## **2 ПОБУДОВА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ**

Побудова АСКОЕ дозволить не тільки організувати оперативний і достовірний збір інформації, а й перейти на багатотарифні систему оплати за спожиту електроенергію, скоротити витрати на контролюючий персонал, мінімізувати втрати електроенергії за рахунок контролю, аналізу і виключення нераціонального використання електроенергії в місцях загального користування, автоматизувати виписки рахунків абонентів.

На сьогоднішній день, на європейському ринку представлені велика кількість різних продуктів систем автоматичного обліку. Кожна компанія, яка надає свій продукт, описує його характеристики, можливості, послуги: починаючи від типу наданого обладнання, закінчуючи типом програмного забезпечення, стандартів зв'язку, можливості зв'язку тощо. І щоб вибрати кращу систему, яка буде відповідати нашим вимогам, потрібно провести їх порівняння.

### **2.1 Методика визначення бальної оцінки**

У випадках надзвичайної складності проблеми, її новизни, недостатності наявної інформації, неможливості математичної формалізації процесу вирішення доводиться звертатися до рекомендацій компетентних фахівців які прекрасно знають проблему - до експертів. Їх рішення задачі, аргументація, формування кількісних оцінок, обробка останніх формальними методами дістали назву методу експертних оцінок.

Більшість існуючих систем автоматичного обліку енергоспоживання організовано відповідно до наведеної структури, рисунок 1.1. В ході аналізу було розглянуто найбільш поширені продукти, представлені на ринку, а саме : Simatic, Ecnis-укр, RDM, ГІС ТБН «Енерго» тощо. Побудована порівняльна таблиця, у якій представлений перелік найменувань продуктів, перелік параметрів, який повинен підтримувати продукт, і бали – виставлені експертами.

У процесі аналізу кожного продукту за наданим параметром розставимо оцінки. Підсумувавши отримані бали, була проведена ранжування системи і обрана найбільш підходяща, для реалізації енергомоніторингу офісної будівлі. Результати порівняння представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз систем АСКОЕ

| Параметри                    | Найменування     |           |     |                   |       |         |                 |            |        |         |
|------------------------------|------------------|-----------|-----|-------------------|-------|---------|-----------------|------------|--------|---------|
|                              | ГІС ТБН "Енерго" | Еcnis-укр | RDM | Укренерго Експорт | I-ems | Simatic | ІС Каскад АСКУЭ | Енергоучет | Марсел | Энергия |
| Тип ПЗ                       | 1                | 1         | 1   | 1                 | 2     | 0       | 0               | 1          | 1      | 1       |
| Необхідність стороннього ПЗ  | 2                | 2         | 2   | 2                 | 1     | 1       | 0               | 2          | 2      | 1       |
| Підтримувані виробники       | 2                | 1         | 0   | 2                 | 2     | 2       | 2               | 2          | 1      | 1       |
| Стандарти зв'язку            | 2                | 2         | 2   | 1                 | 1     | 1       | 1               | 1          | 2      | 0       |
| Враховуються енергоресурси   | 2                | 0         | 0   | 2                 | 2     | 2       | 1               | 0          | 0      | 0       |
| Враховуються параметри       | 2                | 2         | 2   | 0                 | 0     | 2       | 2               | 0          | 0      | 0       |
| Ручне введення               | 0                | 0         | 0   | 0                 | 0     | 2       | 2               | 1          | 0      | 0       |
| Багатотарифний облік         | 0                | 2         | 0   | 0                 | 2     | 0       | 0               | 2          | 0      | 0       |
| Прогноз                      | 0                | 0         | 0   | 0                 | 0     | 1       | 1               | 1          | 0      | 0       |
| Висновок даних в звіти       | 2                | 2         | 2   | 2                 | 2     | 1       | 2               | 2          | 2      | 1       |
| Діагностика пристроїв обліку | 2                | 1         | 2   | 1                 | 0     | 2       | 0               | 0          | 0      | 1       |
| Віддалене управління         | 2                | 2         | 2   | 2                 | 0     | 2       | 0               | 0          | 0      | 0       |
| Фіксація дій персоналу       | 2                | 1         | 1   | 1                 | 1     | 0       | 1               | 0          | 0      | 0       |
| Автоматичний розрахунок      | 1                | 2         | 2   | 1                 | 2     | 0       | 1               | 0          | 2      | 0       |
| Система документообігу       | 0                | 1         | 0   | 0                 | 1     | 0       | 2               | 1          | 0      | 0       |
| Автоматична розсилка         | 0                | 2         | 1   | 0                 | 1     | 0       | 1               | 0          | 1      | 0       |
| Відкритість коду             | 0                | 0         | 0   | 2                 | 0     | 0       | 0               | 1          | 0      | 1       |
| Сума балів                   | 20               | 21        | 17  | 17                | 17    | 16      | 16              | 14         | 11     | 6       |

Бали в даній таблиці розставлялися таким чином: 2 бали - функція виконується в повній мірі, 1 бал - виконується лише частина функції і 0 балів - якщо функція не виконується зовсім або виконується незначна її частина. При виставленні балів за типом програмного забезпечення 2 бали виставлялися модульним і блоковим ПЗ, оскільки саме ці типи є найбільш прогресивними на даний момент завдяки тому, що дозволяють виробляти поступову інтеграцію, підбирати комплект необхідних функцій для кожного конкретного підприємства і розширювати функціонал в міру необхідності.

Один бал ставилося самостійним ПЗ, що не вимагає базового програмного забезпечення для установки. І нуль балів ставилося інтегрованим системам, які вимагають стороннього ПЗ для установки і роботи.

В результаті порівняння систем автоматичного обліку з використанням методу «ранжування» було виявлено, що найбільш функціональною системою на даний момент на ринку є «Еспис-укр», проте і вона, не дивлячись на великий функціонал, не здатна в повній мірі задовольнити потреби. Так, система не дозволяє виробляти ручне введення даних, що виключає можливість поступової інтеграції. Система не здатна організувати потаріфний розрахунок, що не дозволяє знизити витрати на електроспоживання без зміни його кількості. Також система не володіє ніяким функціоналом по прогнозуванню електроспоживання і не здатна здійснювати автоматичне повідомлення зацікавлених осіб.

Розглянувши найбільш популярні АСКОВЕ на ринку, можна зробити висновок, що кожна з систем має ряд недоліків і підходить обмеженій кількості підприємств. Компанії-розробники, хоча і намагаються зробити універсальними свої системи і розширити функціонал, поки не можуть забезпечити всіх потреб більшості підприємств.

Для вирішення цього питання система повинна бути модульною, що не тільки зробить її більш доступною і дозволить виробляти впровадження поступово, але і дасть можливість підприємствам підбирати необхідний функціонал під конкретні потреби. Найбільш зручним буде розділити функціонал за категоріями, таким як прогностичний модуль, модуль обліку, модуль віддаленого управління, модуль документообігу, модуль контролю якості і т.д. За підсумком модульна система повинна бути здатна формувати єдиний інформаційний простір.

Крім цього необхідні максимальне розширення доступних для зчитування і управління пристроїв, а також реалізація функціоналу по

ручному внесення даних для конкретних пристроїв, що дозволить підприємствам виробляти поступову інтеграцію АСКОЕ. Система повинна бути легко масштабуєма і здатна отримувати дані, як по дротових, так і по бездротових технологій без втрати якості одержуваних даних.

Система повинна давати можливість отримувати дані, автоматично їх аналізувати і видавати прогнози, а також оптимізувати споживання енергоресурсів.

Необхідна наявність модуля контролю якості споживаних ресурсів, а також повідомляти про нештатні ситуації, як оператора, так і певне коло осіб підприємства не тільки по електронній пошті, та за допомогою SMS. Це дозволить підвищити надійність системи і оперативність реагування. При цьому повинен бути реалізований функціонал в області документообігу та контролю за діями співробітників. Це значно спростить рух документів як всередині, так і за межами підприємства.

## **2.2 Технічні засоби побудови автоматизованої системи обліку електроенергії**

Необхідною умовою участі сучасного енергопідприємства в єдиній структурі оптового ринку електроенергії, є наявність АСКОЕ для оперативного збору, обробки та надання зацікавленим сторонам даних про генерується, споживаної, переданої і електроенергії, що постачається.

Метою створення АСКОЕ енергогенеруючого підприємства є вирішення наступних завдань:

- 1) контроль генерації, розподілу, відпуску та споживання електроенергії, оперативно диспетчерський моніторинг виробництва електроенергії;

2) автоматизований збір і первинна обробка інформації з обліку електроенергії по точках обліку;

3) забезпечення точної і достовірної інформацією, отриманою шляхом автоматичного вимірювання, збору, обробки, зберігання, подання і документування вимірних параметрів електроенергії;

4) формування на основі отриманих даних достовірного балансу генерації, розподілу, від пуску і споживання електричної потужності та енергії.

Існує декілька варіантів організації і побудови системи обліку електричної системи. До самої звичайної відносяться організація АСКОЕ з проведенням опитування лічильників через оптичний порт – це найбільш простий варіант, рисунок 2.1. Між лічильником і базою даних немає зв'язку. Всі лічильники опитуються послідовно при обході лічильників оператором. Опитування проводиться через оптичний порт за допомогою програми розміщеної на портативному комп'ютері, яка формує файл результатів опитування[32]. Також в процесі зчитування даних проводиться синхронізація внутрішніх годин лічильника з портативним комп'ютером персоналу

Організація АСКОЕ з проведенням опитування лічильників через оптичний порт вирішує наступні завдання:

- точне вимірювання параметрів;
- обробка даних і формування звітів по обліку електроенергії;
- діагностика повноти даних;
- діагностика лічильників;
- підтримка єдиного системного часу;
- контроль енергоспоживання по об'єктам обліку в заданих інтервалах часу.

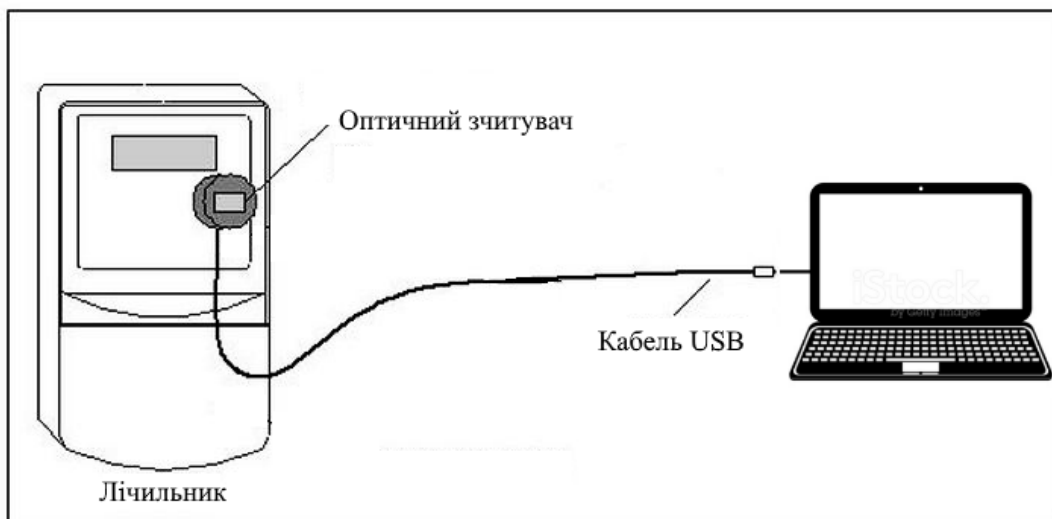


Рисунок 2.1 – Оптичне зчитування даних

Наступний варіант організації АСКОЕ – проведення опитування лічильників переносним комп'ютером через перетворювач інтерфейсів RS485 – USB, рисунок 2.2.

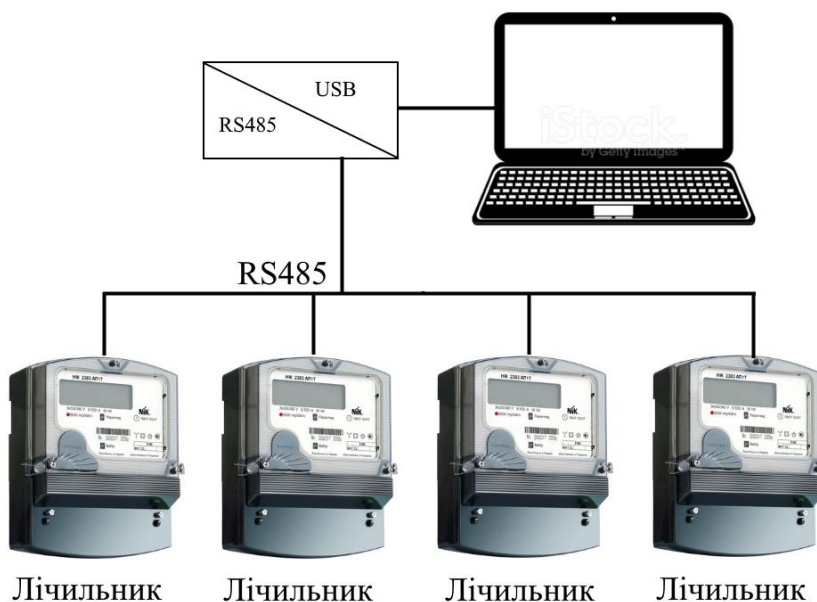


Рисунок 2.2 – Зчитування даних через перетворювач інтерфейсу

Перевагою такої організації опитування лічильників – є те, що лічильники об'єднані спільною шиною RS-485, в результаті чого, кожен лічильник не потрібно обслуговувати індивідуально. Досить підключитися до

їхньої загальної шині і, знаючи цифрову адресу лічильника, - опитувати кожен лічильник окремо.

Основною організацією - є АСКОЕ з проведенням автоматичного опитування лічильників локальним центром збору та обробки даних, рисунок 2.3.

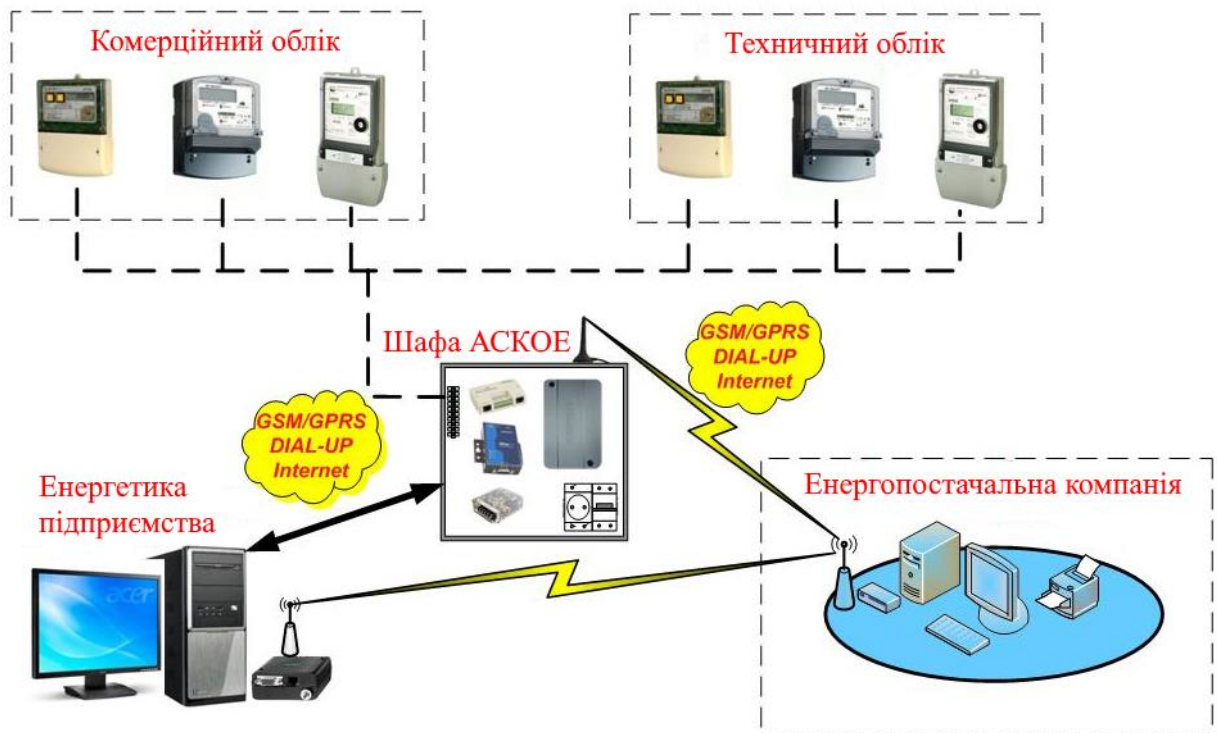


Рисунок 2.3 – Структурна схема АСКОЕ

Вона дозволяє вирішувати наступні завдання:

- точне вимірювання параметрів поставки або споживання;
- автоматизований технічний і комерційний облік енергоресурсів по підприємству, його інфраструктурних елементів;
- контроль енергоспоживання і параметрів якості електроенергії по точках і об'єктах обліку в заданих тимчасових інтервалах (10 хвилин, 30 хвилин, зони, добу, декади, місяці, квартали і роки) щодо заданих лімітів і технологічних обмежень потужності;

- сигналізація про відхилення контрольованих значень від допустимого діапазону;
- обробка даних і створення звітів по обліку електроенергії;
- діагностика повноти даних;
- параметризація комунікацій і характеристик опитування;
- підтримка єдиного системного часу;
- діагностика системи;

Розглянемо план одного з виробничих будівель підприємства ПАТ «Київмедпрепарат», рисунок 2.4.

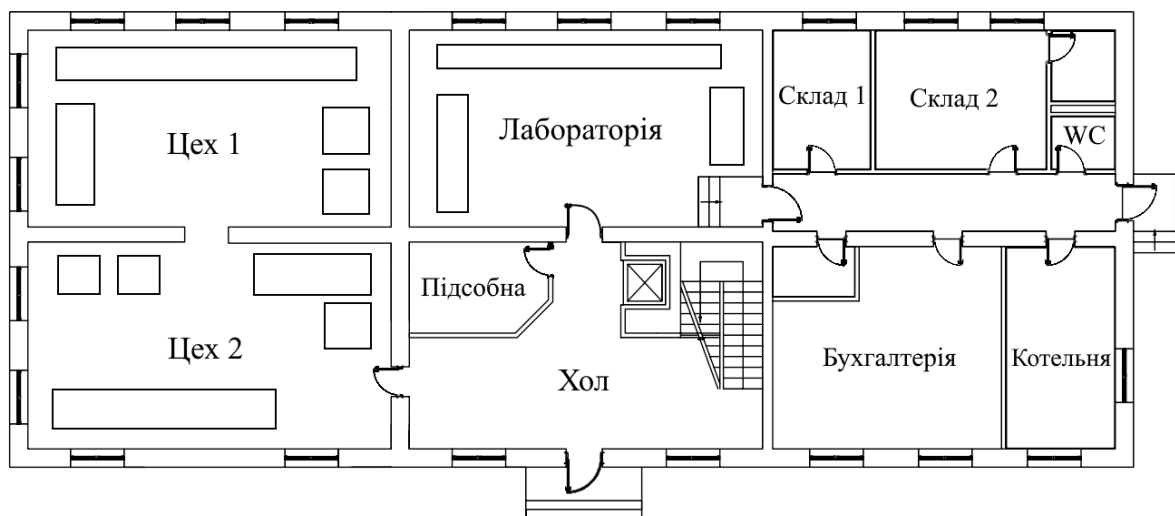


Рисунок 2.4 – План будівлі

Усередині даної будівлі розташовані: цех для первинної підготовки сировини і цех для вторинної підготовки сировини - в яких розташоване різне обладнання (сепаратори, барокамери), конвеєрні лінії, холодильні установки; лабораторія - для проведення аналізу виготовленого продукту; складські приміщення - для зберігання сировини; бухгалтерський кабінет, котельня – для опалення приміщення, санвузол. Також присутній вантажний ліфт, так як будівля двохповерхова.

В процесі створення системи АСКОЕ буде проводитись на прикладі першого поверху. До уваги будуть взяті такі споживачі електричної енергії,

як система освітлення. Незважаючи на те що будівля має велику кількість вікон, освітлення всередині кімнат і цехах працює майже цілодобово, для підтримки виробництва. Також відбуватиметься облік електричної енергії для систем вентиляції та кондиціонування. Цех №1, цех №2 – будуть встановлені лічильники для кожного окремо. Для лабораторії і бухгалтерії та ліфту - також треба окремі пристрої обліку електроенергії, так як вони працюють не цілодобово. Всі інші приміщення (хол, склади, підсобна, санвузол, коридор) - ставатимуть на облік окремим лічильником. І також треба встановити загальний лічильник на вводі самої будівлі.

На рисунку 2.5 представлена структурна схема організації АСКОЕ для одного з виробничих офісних будівель підприємства ПАТ «Київмедпрепарат».

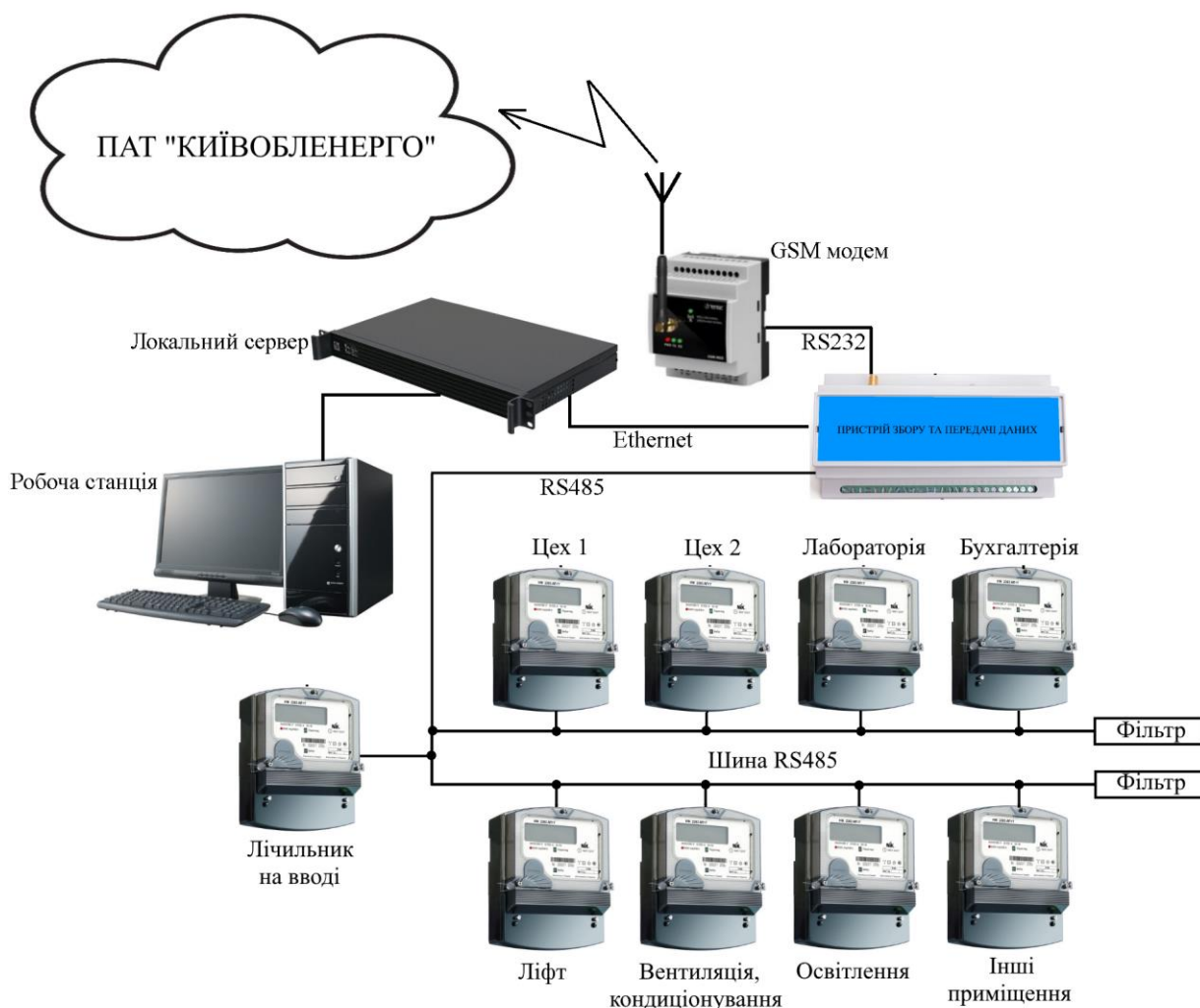


Рисунок 2.5 – Структурна схема організації АСКОЕ

Схема влаштована таким чином: кожен лічильник підключений в свою мережу. Тут можуть брати участь як трьох фазні так і однофазні лічильники, в залежності який споживач. Кожен лічильник підключений до загальної паралельно шині даних RS485 – вони ж є веденими. Провідним пристроєм являє собою «Концетратор», підключений до цієї ж шині даних - який виконує роль автоматичного опитування кожного лічильника. Далі цей концентратор підключається до GSM модему (по інтерфейсу RS232), який, за рахунок бездротової передачі даних, підключається до постачальника електричної енергії, «Київобленерго», і відправляє йому дані. Також до концентратора приєднай локальний сервер для подальшого збору даних і її аналітики.

Інтерфейс RS-485 - один з найбільш поширених стандартів фізичного рівня зв'язку. Мережа, побудована на інтерфейсі RS-485, являє собою приймачі, з'єднані між собою за допомогою крученої пари - двох скручених проводів. В основі інтерфейсу RS-485 лежить принцип диференціальної (балансної) передачі даних. Суть його полягає в передачі одного сигналу по двох проводах. Відбувається це наступним чином - по одному дроту (умовно А) йде оригінальний сигнал, а по іншому (умовно В) - його інверсна копія, рисунок 2.6. Таким чином, між двома проводами, крученої пари, завжди є різниця потенціалів: при "1" вона позитивна, при "0" - негативна.

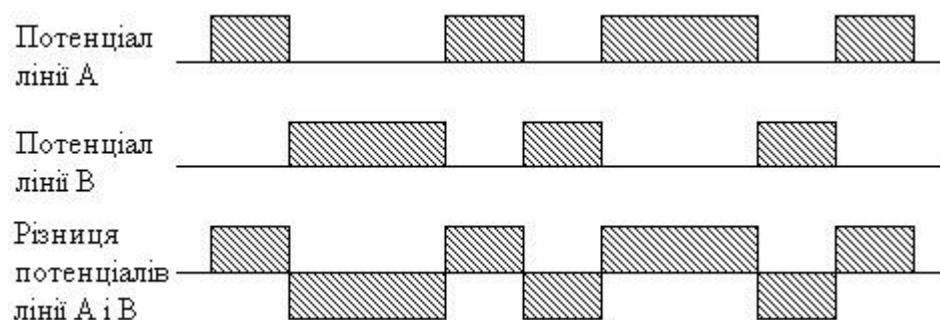


Рисунок 2.6 – Передача сигналу по шині

Такий спосіб передачі забезпечує високу стійкість до синфазної перешкоди. В результаті чого, дана лінія зв'язку має наступні характеристики:

1. Допустима кількість передавачів, приймачів – 32 шт.
2. Максимальна довжина лінії зв'язку – 1200м.
3. Максимальна швидкість зв'язку – 10 Мбіт/с.

Щоб досягнути якісну передачу даних на віддалених відстаней – треба на кінцях шині даних встановлювати фільтра у вигляді узгоджувальних резисторів, для створення низького опору шині даних, щоб погасити відбиті хвилі сигналу.

### **2.3 Програмні засоби побудови автоматизованої системи обліку електроенергії**

Програмне забезпечення призначене для автоматизації збору даних від приладів (пристроїв), програмно-технічних комплексів по цифровим інтерфейсам, їх обробки, зберігання та передачі в інші програмно-технічні комплекси, пристрої або автоматизовані робочі місця і може застосовуватися в автоматизованих робочих системах обліку споживання електричної і теплової енергії, води або газу[24].

Загальні вимоги до програмного забезпечення АСКОЕ:

1. Для регіональної АСКОЕ повинен використовуватися програмний комплекс верхнього рівня АСКОЕ і забезпечувати можливість установки його на комп'ютер у вигляді локальної або мережевої версії. Операційні системи регіональної АСКОЕ та її підсистем повинні бути аналогічні операційним системам, використовуваним в АСКОЕ міждержавні, міжсистемні перетоки і генерації енергії[24, 25].

2. Програмний комплекс верхнього рівня системи обліку повинен реалізовувати функції збору даних обліку з її нижніх рівнів (рівнів лічильників і ПСПД), накопичення, зберігання, обробки, відображення, документування та розповсюдження цих даних, синхронізації годин засобів обліку, а також інші функції, що залежать від вимог до конкретної системи обліку з боку замовника.

3. Програмний комплекс верхнього рівня повинен забезпечувати процедури:

- гнучкої настройки як по виду запитуваних і збереження даних, так і по періоду і обсягу запитів;
- повного збору даних по автоматичним і ручним запитам;
- забезпечення зручного для користувача інтерфейсу;
- контролю цілісності та достовірності даних обліку;
- автоматичного архівування даних в стандартних базах даних.

4. Програмний комплекс повинен використовувати єдині класифікатори об'єктів бази даних, дозволяти фіксувати заміну лічильників в точках обліку, ставити режими їх опитування, забезпечувати коректність даних і параметрів, зчитувальних з лічильників і які розміщені в базу, а також безперервність і повноту даних в базі[20, 21].

5. Повинна бути забезпечена можливість перегляду бази даних по обраним точкам обліку, інтервалах часу і типам даних, а також можливість установки для кожної точки обліку часу запізнювання даних, параметрів, - після перевищення якого має генеруватися аварійне повідомлення[19].

6. При неможливості дистанційного зчитування даних з нижнього рівня системи обліку, повинна бути передбачена можливість альтернативного зчитування і занесення даних в базу (наприклад, з переносного засоби приладового обліку). При планових і аварійних замінах лічильників повинна бути передбачена можливість санкціонованої ручної корекції бази даних з урахуванням часу відсутності приладного обліку у відповідній точці обліку[19].

7. Програмний комплекс повинен забезпечувати реєстрацію прав користувачів за рівнями доступу, ідентифікацію та аудит усіх їхніх дій. Залежно від рівня доступу користувачеві має представлятися обмежене за рівнем кількість інформації (пунктів меню, лічильників тощо).

Для подальшої розробки і побудови системи автоматичного обліку був обраний комплекс програмного забезпечення «ELECTRO» - програмне забезпечення сервера збору і передачі даних. Цей комплекс програмного забезпечення – має відкритий початковий код для поліпшення і впровадження додаткових систем і драйверів, що дає можливість програмному продукту поліпшуватися, підвищувати функціонал обробки даних, покращувати аналіз даних і якість статистики.

Комплекс «ELECTRO» дозволяє здійснювати наступні дії:

1. Приймати дані від різних пристроїв (лічильники обліку енергії з інтерфейсом віддаленого доступу; концентратори імпульсних сигналів типу ЦТ5000, ІТЕК-210; програмовані логічні контролери; термінали телеметричних систем).

2. Накопичувати базу даних (БД) з використанням широкого класу систем управління базами даних - MS Access, MS SQL Server, MySQL server, Sybase SQL Anywhere, Informix, Oracle. Вибір систем управління базами даних визначається вимогами до впроваджуваної системи і можливостями замовника.

3. Синхронізувати базу даних розташованих на різних серверах (допускається застосування різних систем управління базами даних).

4. Підтримувати архітектуру клієнт - сервер бази даних (віддалений доступ).

5. Розробляти довільні звітні форми.

6. Передавати, в узгодженому форматі, інформацію між базою даних Electro і іншими системами.

7. Обслуговувати інтернет-клієнтів (Electro WEB-сервер).

Програмний комплекс «ELECTRO» містить різні програмні компоненти, призначені для отримання даних з деякого джерела (лічильники, пристрої, файли даних) і записи у базу даних Electro:

1. Програма «С300.exe» – консольна програма, яка забезпечує перенесення даних системи з лічильників та концентраторів.

2. Програма «Maket.exe» – консольна програма, яка забезпечує перенесення даних макетів обміну інформацією у базу даних Electro. У поточній версії програми підтримуються макети 30817, 817.

3. База даних «Electro BD viewer» - програмну забезпечення, створений на базі серверного продукту MySQL, в якій зберігаються дані про електроспоживання лічених з приладів обліку. Рисунок 2.6.

| Name                           | DT                | VAL | FL |
|--------------------------------|-------------------|-----|----|
| Предпр.513811 Параметр 1 [mWh] | 28.10.01          | 1   |    |
|                                | 28.10.01 1:00:00  | 2   |    |
|                                | 28.10.01 2:00:00  | 3   |    |
|                                | 28.10.01 2:00:00  | 4   |    |
|                                | 28.10.01 3:00:00  | 5   |    |
|                                | 28.10.01 4:00:00  | 6   |    |
|                                | 28.10.01 5:00:00  | 7   |    |
|                                | 28.10.01 6:00:00  | 8   |    |
|                                | 28.10.01 7:00:00  | 9   |    |
|                                | 28.10.01 8:00:00  | 10  |    |
|                                | 28.10.01 9:00:00  | 11  |    |
|                                | 28.10.01 10:00:00 | 12  |    |
|                                | 28.10.01 11:00:00 | 13  |    |
|                                | 28.10.01 12:00:00 | 14  |    |
|                                | 28.10.01 13:00:00 | 15  |    |
|                                | 28.10.01 14:00:00 | 16  |    |
|                                | 28.10.01 15:00:00 | 17  |    |
|                                | 28.10.01 16:00:00 | 18  |    |
|                                | 28.10.01 17:00:00 | 19  |    |
|                                | 28.10.01 18:00:00 | 20  |    |
|                                | 28.10.01 19:00:00 | 21  |    |
|                                | 28.10.01 20:00:00 | 22  |    |
|                                | 28.10.01 21:00:00 | 23  |    |
|                                | 28.10.01 22:00:00 | 24  |    |
|                                | 28.10.01 23:00:00 | 25  |    |

| Parameters                     | Server | Dimens | From     | To                | Number |
|--------------------------------|--------|--------|----------|-------------------|--------|
| Предпр.513804 Параметр 1 [mWh] | OTD54  | mWh    | 31.03.02 | 31.03.02 23:00:00 | 23     |
| Предпр.513811 Параметр 1 [mWh] | OTD54  | mWh    | 28.10.01 | 28.10.01 23:00:00 | 25     |

Рисунок 2.6 – Зовнішній інтерфейс «Electro BD viewer»

4. Програма «GetDev.EXE» - програма-оболонка опитування пристроїв. Вона містить набір динамічних бібліотек (драйвера пристроїв). Для кожного

типу лічильників призначений відповідний драйвер. Рисунок 2.7. Бібліотека драйверів поповнюється в процесі розвитку системи.

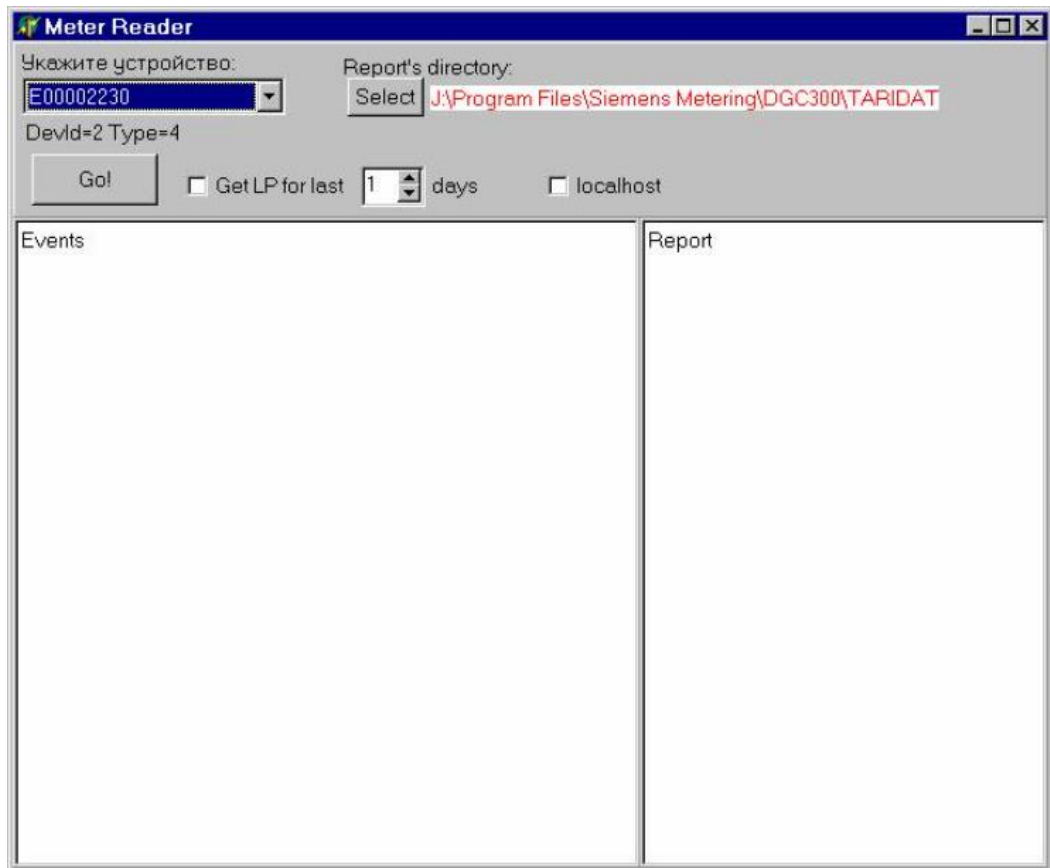


Рисунок 2.7 - Зовнішній інтерфейс «GetDev»

5. Програма «RepCNF» - редактор шаблонів і генератор звітів. Вона поєднує два режими роботи - створення, редагування шаблону звіту і генерація, перегляд звіту. Усі звіти представлені у вигляді Excel таблиць, рисунок 2.8.

Так як обраний комплекс програмного забезпечення має відкритий вихідний код, і додаються консольні програмні забезпечення для потокового перенесення інформації з бази даних системи "ELECTRO", був розроблений раній консольний програмний блок, драйвер - "Statistical Analytics", мові програмування Java JDK.

Даний драйвер отримує дані електроспоживання з бази даних "ELECTRO". По обробленим даним, проводиться статистичний аналіз,

прогноз за обраним періодом часу, частоті опитування вимірювання. Для зручності, виведення результати записуються у Excel таблиці.

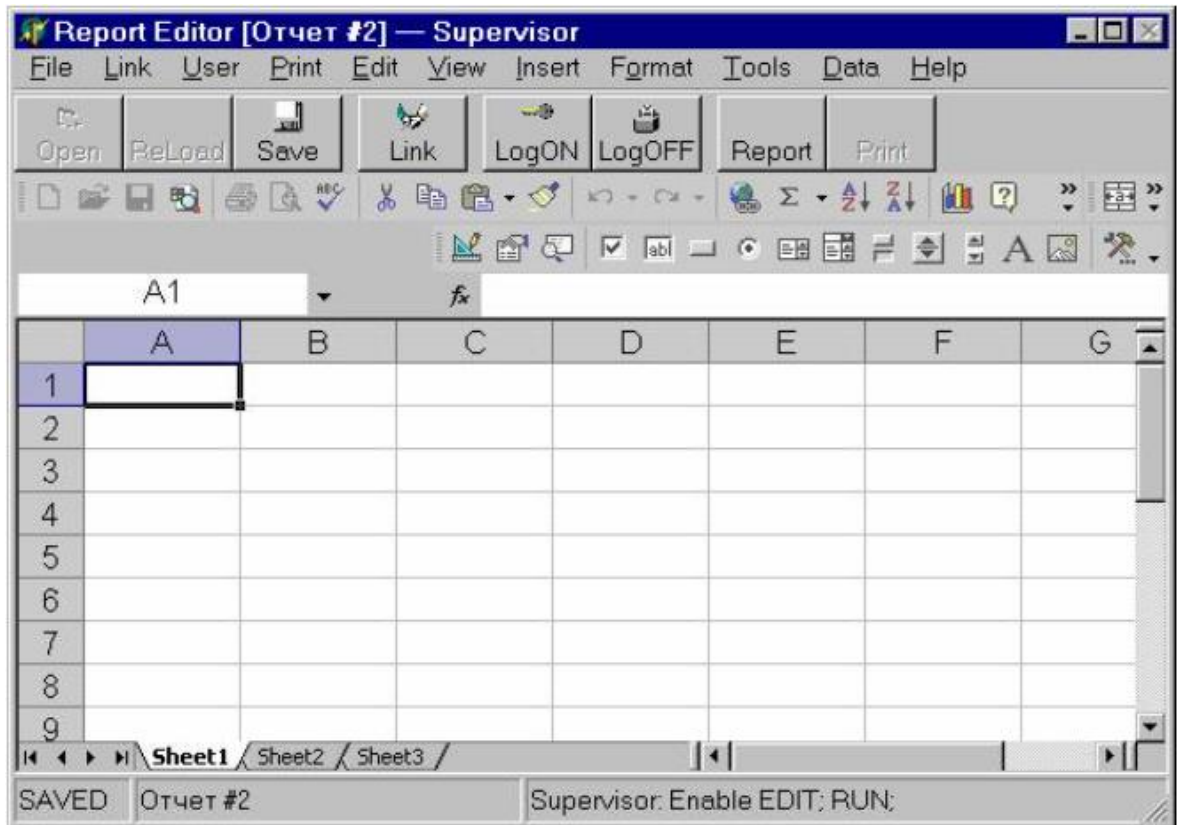


Рисунок 2.8 - Зовнішній інтерфейс «Report Editor CNF»

## 2.4 Задачі які вирішує впровадження автоматизованої системи обліку електроенергії.

Впровадження АСКОЕ дає змогу повністю автоматизувати процес збору інформації, її обробки, прогнозування електроспоживання для подальшої закупівлі електроенергії у обласного постачальника.

За рахунок використання точніших вимірювальних приладів та підвищення синхронності отримання первинних даних про електроспоживання - відбувається точне вимірювання параметрів споживання енергоресурсів, забезпечується розрахунок енергоресурсів відповідно до реального об'єму їх споживання, і мінімізуються невиробничі витрати.

За допомогою підвищення достовірності вимірювання даних, що використовуються для фінансових розрахунків з постачальниками енергоресурсів, - здійснюється діагностика повноти даних, з метою забезпечення розрахунків за енергоресурси відповідно до реального обсягу їх споживання.

Вирішується питання з комплексними автоматизованими комерційними засобами обліку енергоресурсів і контроль їх параметрів по підприємству, що дає можливість мінімізувати виробничі і невиробничі витрати на електроенергію.

Проводиться фіксація відхилень контрольованих параметрів енергоресурсів, їх оцінка в абсолютних і відносних одиницях, - для аналізу електроспоживання та виробничих процесів. Ця процедура забезпечує можливість мінімізувати витрати на енергоресурси для подальшого відновлення виробничих процесів. З моменту виходу контрольованих параметрів енергоресурсів за допустимі межі виникає звукове або світлове оповіщення - з метою мінімізації виробничих витрат на енергоресурси за рахунок прийняття прийняття рішень.

Більшість АСКОЕ промислових підприємств, що діють через свої структурні і функціональні можливості, здатні здійснювати автоматичне керування енергоспоживання на основі заданих критеріїв і пріоритетних схем включення, відключення споживачів. Це дає можливість мінімізувати виробничих витрат на енергоресурси.

## **Висновок**

В даному розділі були розглянуті особливості побудови автоматичної системи обліку електроенергії. Була розглянуто метод порівняльного аналізу, а саме - метод експертних оцінок, завдяки чому була складена порівняльна таблиця систем автоматичного обліку електроенергії представлені на ринку.

В процесі аналізу була обрана система «Ecnis-укр», яка задовольняє вимогам обраних параметрів.

Розглянуто технічні засоби побудови системи АСКОЕ, види її організації. У представленому офісній будівлі, електроспоживачі поділені на групи по споживанню електричної енергії (цеху, лабораторія, ліфт і т.д.), що дає можливість автоматично вести облік електричних ресурсів окремо, для подальшого аналізу, прогнозування, контролю роботи обладнання, контролю параметрів якості електроенергії.

Обрано програмний комплекс «Electro», що має на борту пакет програмних забезпечень та драйверів для зняття показань енергоспоживання, зберігання в базі даних, її обробки і аналізу. Також був розроблений програмний блок-драйвер, який може взаємодіяти з консольними під-програмами «Electro», зчитувати з її бази даних показання і обробляти.

Розглянуто завдання, які вирішує впровадження АСКОЕ:

- автоматичний збір і зберігання даних з приладів обліку про спожиту електроенергію, потужності і про параметри мережі;
- точний облік і контроль за споживанням енергоресурсів офісної будівлі;
- моніторинг навантажень в режимі реального часу;
- аналіз даних і можливість коригувати графік роботи обладнання в години пікових навантажень
- контроль за роботою обладнання, миттєве оповіщення про позаштатних ситуаціях
- автоматичне формування і відправка звітів в збутову організацію;
- ведення журналу подій і забезпечення єдиного часу в системі обліку.

### **3 СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ**

Статистичний метод заснований на використанні середніх експлуатаційних відношень кількості використовуваної електроенергії до кількості виробленої продукції за визначений період часу. При проведенні досліджень звітні дані питомого електроспоживання за місяць, квартал, рік зазвичай доповнюються статистичним аналізом, який дає обґрунтовану інтервальну оцінку зміни витрат електроенергії при варіюванні технологічного процесу. Статистичний метод заснований на пасивному експерименті та знаходить широке застосування для розрахунку питомих витрат електроенергії на промислових підприємствах.

В основі розрахунків балансу і режимів електроспоживання лежать добові графіки навантаження. Відомо, що графіки навантаження окремих споживачів відрізняються за формою внаслідок специфіки режиму споживання електроенергії, наприклад, багатозмінної промислові підприємства, тягове навантаження, комунально-побутові. При підсумовуванні графіків навантаження окремих споживачів ці особливості усереднюються, формуючи узагальнений графік навантаження центру харчування, енергосистеми. Відповідно до них встановлюються режими роботи генеруючих станцій. Якість графіка навантаження визначається можливістю енергосистеми забезпечити цей графік. Кожна енергосистема має свої особливості, обумовлені кліматичними факторами, електроспоживання в промисловості, можливостями регулювання енергосистемою добового графіка з метою більш рівномірного розподілу навантаження протягом доби.

#### **3.1 Графік електричного навантаження робочих та вихідних днів, та їх аналіз**

Для офісного об'єкту, добовий графік навантаження мають сильно виражену залежність, як за величиною максимуму навантаження, так і за

формою добового графіка, коефіцієнта його заповнення, співвідношенню між денною та вечірньою навантаженням.

На рисунку 3.1 представлений графік добового навантаження за будній день і вихідний день. Як видно з графіку, в вихідний день добове навантаження більш полого за рахунок того, що в будівлі не працює велика частина виробничого обладнання.

Більшу увагу звернемо на добове споживання буднього дня. У денний і вечірній період часу, коли виробничий процес виходить на робочий режим, візуально видно суттєвий приріст електроспоживання. Цей вид графіка не може бути постійний для кожного робочого дня, він буде змінюватися в залежність від внутрішніх технологічних процесів, роботи персоналу, сезону, часу року, клімату.

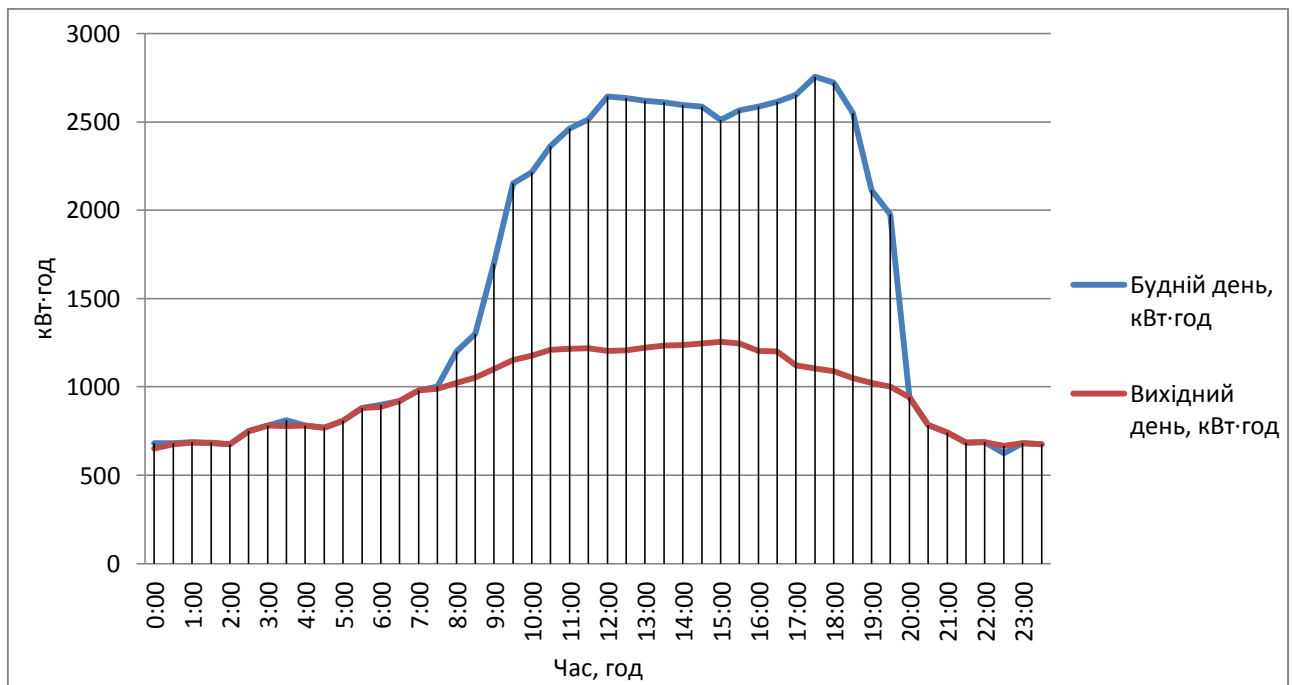


Рисунок 3.1 - Графік добового електроспоживання офісної будівлі

У результаті отриманих даних добового моніторингу буднього дня маємо споживання електричної енергії за добу (рисунок 3.2), зібрані з інтервалом в 30 хвилин. Отримані дані представимо у вигляді ряду розподілу

та проранжіруємо, відсортувавши по зростанню для зручності розрахунків, рисунок 3.3.

Знайдемо показники центру розподілу, такі як просте середнє, мода і медіана. Для початку знайдемо просте середнє арифметичне, для цього підсумуємо значення і розділимо на їх кількість:

$$x = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{75250}{48} = 1567.708 \text{ кВт} \cdot \text{г},$$

де  $n$  – кількість інтервалів за добу;

$\sum x_i$  – сума електроспоживання за добу;

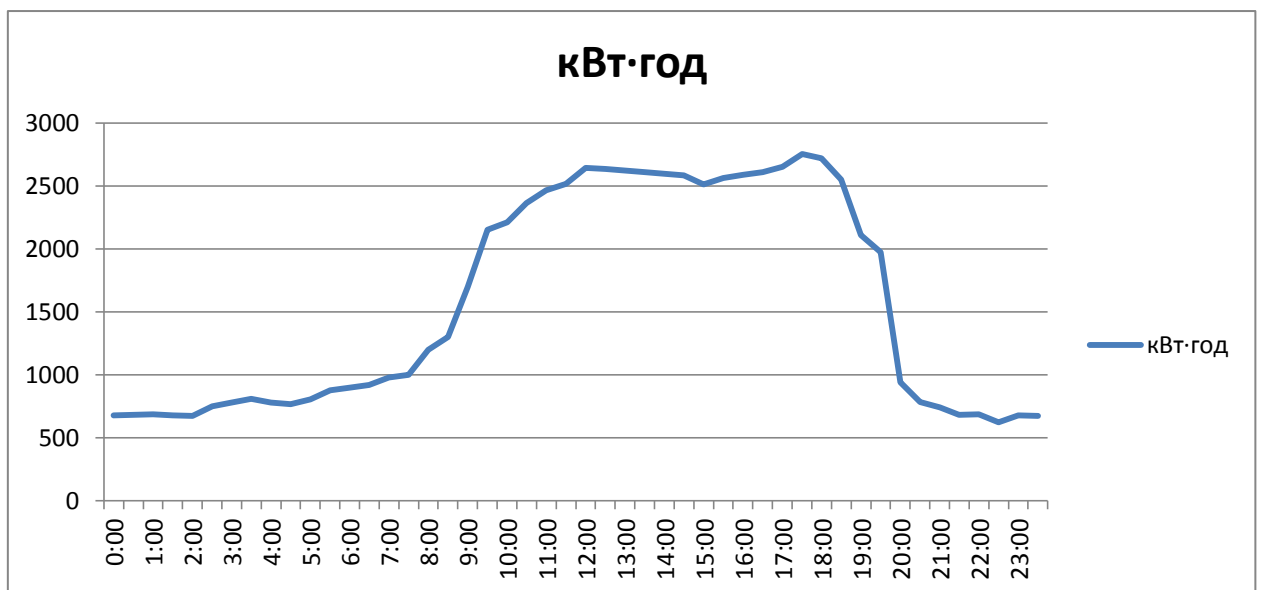


Рисунок 3.2 – Графік добового електроспоживання офісної будівлі

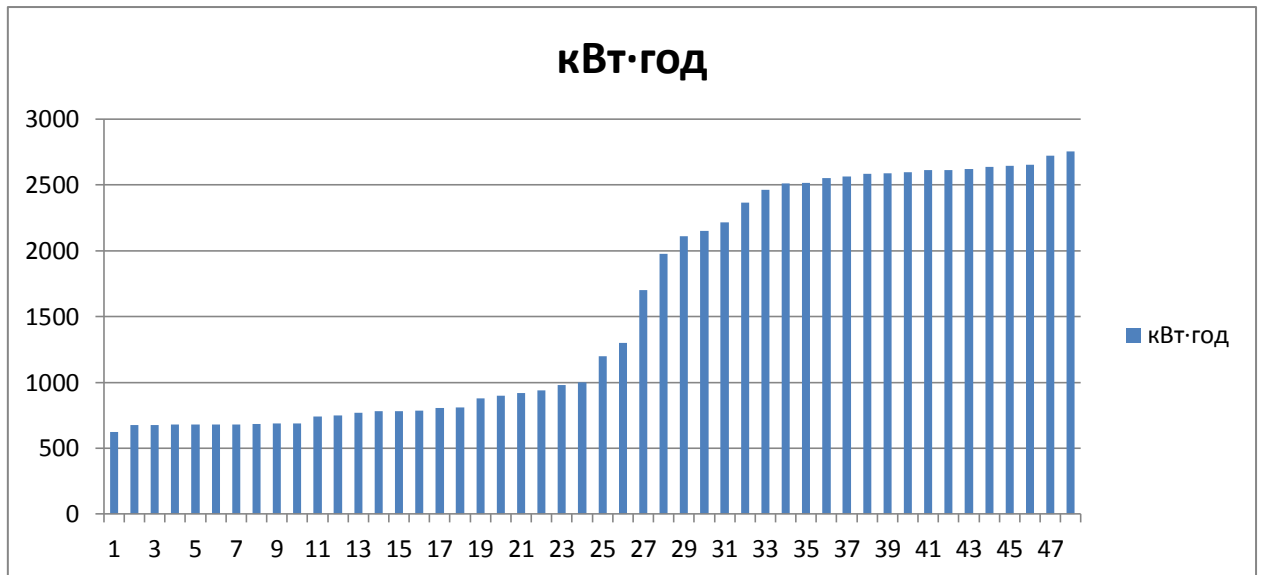


Рисунок 3.3 – Графік ранжування електроспоживання по зростанню

Далі знайдемо моду нашого ряду. В результаті оцінки отримуємо два значення, які зустрічаються з однаковою найбільшою частотою. Виходячи з отриманих результатів, можна зробити висновок, що ряд є мультимодальних і не підпорядковується закону нормального розподілу. Медіана служить хорошою характеристикою при асиметричному розподілі даних, так як навіть при наявності «викидів» даних медіана більш стійка до впливу відхиляються даних. Оскільки кількість значень ряду є парним, необхідно взяти два центральних значення проранжувати ряду і знайти їх середнє значення:  $(980 + 1000) / 2 = 990$  кВт·год.

Також необхідно знайти показники варіації, такі як розмах варіації, дисперсія, середнє лінійне відхилення і так далі. Розмах варіації знаходиться як різниця між максимальним і мінімальним значеннями ряду:

$$R = x_{\max} - x_{\min} = 2754 - 625 = 2129 \text{ кВт·год,}$$

де  $x_{\min}$  - мінімальне значення електроспоживання,

$x_{\max}$  - максимальне значення електроспоживання.

Середнє лінійне відхилення обчислюють для того, щоб врахувати відмінності всіх одиниць досліджуваної сукупності:

$$d = \frac{\sum |x_i - x|}{n} = \frac{48513}{48} = 1010.688 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де  $x_i$  – значення ознаки або варіанту,

$x$  – середнє значення.

Отже, кожне значення ряду відрізняється від іншого в середньому на 818.958 кВт · год.

Дисперсія характеризує міру відхилення від середнього значення.

Розрахунок будемо проводити методом моментів:

$$D = \frac{\sum x_i^2}{n} - x^2 = \frac{181866737}{48} - 1567,708^2 = 1331181.981 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

В такому випадку середньоквадратичне відхилення визначається:

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{1331181.981} = 1153.768 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

З чого випливає, що кожне значення ряду відрізняється від середнього значення 1567.708 кВт · год в середньому на 849.272 кВт · год.

Коефіцієнт варіації є мірою відносного розкиду значень сукупності, показуючи, яку частку середнього значення цієї величини складає її середній розкид:

$$v = \frac{\sigma}{x} = \frac{1153.768}{1567.708} 100\% = 73.595\%$$

Оскільки  $v > 70\%$ , то сукупність наближається до межі неоднорідності, а варіація сильна.

Коефіцієнт варіації значно більше 33%. отже, розглянута сукупність неоднорідна і середня для неї недостатня типова.

Лінійний коефіцієнт варіації або відносне лінійне відхилення характеризує частку усередненого значення ознаки абсолютних відхилень від середньої величини:

$$Kd = \frac{d}{x} = \frac{1010.688}{1567.708} 100\% = 64.47\%$$

Найбільш точним і поширеним показником асиметрії є моментний коефіцієнт асиметрії:  $As = M_3 / \sigma^3$ , де

$$As = \frac{M_3}{\sigma^3} = \frac{3909269358.28}{1158.16^3} = 2.52$$

де  $M_3$  - центральний момент третього порядку,

$$M_3 = \frac{187644929197}{48} = 3909269358.28$$

$s$  - середньоквадратичне відхилення.

$As = 2.52$  - є позитивним, що вказує на наявність правобічної асиметрії.

Оцінка суттєвості показника асиметрії дається за допомогою середньоквадратичної помилки коефіцієнта асиметрії:

$$S_{As} = \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}} = \sqrt{\frac{6(48-2)}{(48+1)(48+3)}} = 7.58,$$

де  $n$  - кількість інтервалів за добу;

Виходячи з отриманих результатів, можемо зробити висновок, що в ряду спостерігається суттєва асиметрія, оскільки отримане значення значно більше 3.

### 3.2 Оцінка впливу різноманітних факторів на режими електроспоживання

В результаті проведення статистичного аналізу даних з'ясувалося, що дані електричного споживання не підкоряються закону нормального розподілу. Немає можливості провести якісну оцінку і побудувати прогноз електричного споживання. Для якісного аналізу виділені основні фактори, які впливають на електроспоживання. Організація має системи індивідуального кондиціонування, нерегульоване центральне опалення, а також центрального та індивідуального освітлення. В результаті було обрано такі основні фактори: опалювальний період, середня тривалість світлового дня, середня температура повітря на вулиці, а також середня кількість осіб, які працюють в день, протягом місяця. За підсумками моніторингу, що триває протягом року, отримали наступні дані, представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Дані, отримані в результаті моніторингу

| Параметр                               | Січ.   | Лют.   | Бер.   | Квіт.  | Трав. | Черв. | Лист. | Серп. | Вер.  | Жовт.  | Лист.  | Груд.  |
|--|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Електроспоживання, кВт·год             | 211093 | 179579 | 165711 | 108920 | 63253 | 40253 | 24855 | 50489 | 67486 | 135458 | 193976 | 236390 |
| Опалювальний період, дні               | 31     | 29     | 31     | 28     | 0     | 0     | 0     | 0     | 5     | 31     | 30     | 31     |
| Персонал, люд                          | 325,2  | 326    | 324,5  | 327    | 323   | 325   | 325   | 325   | 324,2 | 325    | 322    | 326    |
| Середня температура повітря, С         | -4     | -1,2   | 3,9    | 10,7   | 16,2  | 19,1  | 25,5  | 25,4  | 18    | 7,5    | 2,1    | -2,1   |
| Середня тривалість світлових днів, год | 7,15   | 9,1    | 11,45  | 14,3   | 16,4  | 18,1  | 14,3  | 15,3  | 12,5  | 10,2   | 8,1    | 6,36   |

Для оцінки впливу кожного фактора на електроспоживання побудуємо рівняння множинної регресії, оскільки 4 фактора. Лінійне рівняння множинної регресії має наступний вигляд:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m + \epsilon,$$

де  $\beta_0$  - вільний член,  $\beta_n$  - значення коефіцієнтів впливу кожного конкретного фактора на кінцевий результат,  $X_n$  – кількісне значення фактора.

В результаті отримуємо рівняння регресії:

$$Y = -1341024,7002 + 110,5904x_1 + 3638,9134x_2 - 2518,0966x_3 - 7304,7214x_4.$$

Для оцінки якості отриманого рівняння зробимо розрахунки для кожного місяця, обчислимо відхилення в процентах. Результати розрахунку представлені в таблиці. 3.2

Таблиця 3.2 - Порівняльна таблиця електроспоживання

| Місяць   | Фактичне електроспоживання, кВт·год | Розрахункове електроспоживання, кВт·год | Відхилення, кВт·год | Відхилення, % |
|----------|-------------------------------------|---|---------------------|---------------|
| Січень   | 211093                              | 214217                                  | 3124                | 1,48          |
| Лютий    | 179579                              | 187978                                  | 8399                | 4,68          |
| Березень | 165711                              | 160697                                  | 5014                | 3,12          |
| Квітень  | 108920                              | 108864                                  | 56                  | 0,05          |
| Травень  | 63253                               | 66553                                   | 3300                | 5,22          |
| Червень  | 40253                               | 37541                                   | 2712                | 7,22          |
| Листопад | 24855                               | 25291                                   | 436                 | 1,75          |
| Серпень  | 50489                               | 46092                                   | 4397                | 9,54          |
| Вересень | 67486                               | 70752                                   | 3266                | 4,84          |
| Жовтень  | 135458                              | 137144                                  | 1686                | 1,24          |
| Листопад | 193976                              | 188132                                  | 5844                | 3,11          |
| Грудень  | 236390                              | 225977                                  | 10413               | 4,61          |

Дані фактичного і розрахункового електроспоживання також представлені у вигляді графіка на рис. 3.

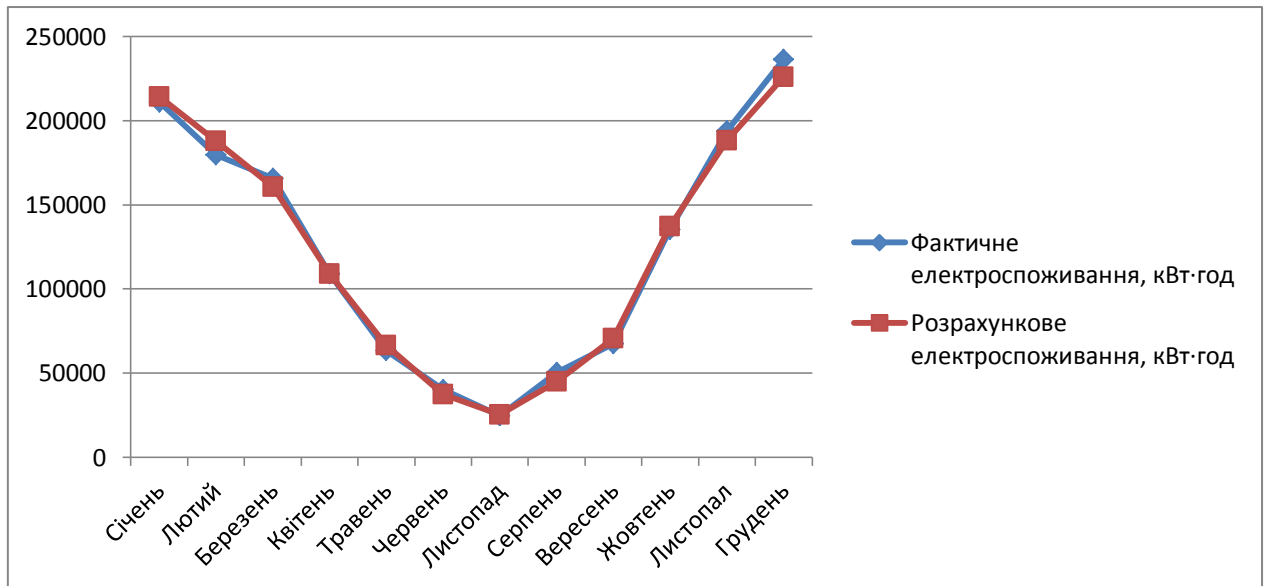


Рисунок 3.4 - Графік фактичного і розрахункового електроспоживання

В результаті оцінки видно, що відхилення розрахункового електроспоживання від фактичного у пікових значеннях не перевищує 9,54%, а середнє відхилення дорівнює 4.61%, що є хорошим показником, точності моделі. Завдяки високій точності моделі, знаючи значення коефіцієнтів, можна побудувати досить точний прогноз.

Електроспоживання є специфічною функцією, що не підкоряється законам нормального розподілу і володіє значною асиметрією, що свідчить про неможливість застосування стандартних статистичних методів для оцінки та прогнозування електроспоживання.

Електроспоживання залежить від багатьох факторів, врахувати вплив яких дозволяє рівняння множинної регресії. завдяки отриманому рівнянню ми можемо будувати прогноз з точністю 4.61%.

### **3.3 Побудова моделі прогнозу графіка електричного навантаження та її аналіз**

Прогнозування графіків навантаження енергосистеми є важливим завданням стратегічного управління режимами енергосистем. На основі прогнозу навантажень визначають кількість і потужність генеруючих джерел, що працюють в базовому і піковому режимі, склад основного технологічного устаткування, параметри характерних режимів. За прогнозом навантажень також знаходять оптимальні режими енергосистеми, вибирають склад працюючого устаткування і розподіляють резерви, розглядають заявки на ремонт обладнання і дають відповідний дозвіл на його проведення.

Прогнозування електричного навантаження забезпечує основну вихідну інформацію для прийняття рішень при управлінні електроенергетичними системами в процесі планування їх нормальних електричних режимів. Короткострокове і оперативне прогнозування графіків навантаження електроспоживання є на сьогоднішній день одним з найбільш важливих напрямків досліджень в електроенергетиці [34, 35, 36].

Завдання прогнозування електроспоживання складається в аналізі об'єктивних факторів, що впливають на зміну навантаження, і розрахунок майбутніх графіків навантаження електроспоживання [34, 35].

Основними елементами прогнозу електричних навантажень споживачів енергії є наступне:

- графіки навантажень для різних часових циклів: добових, сезонних, річних;
- споживання електроенергії за певні періоди в функції часу;
- основні характеристики графіків навантажень за задані періоди часу в перспективі.

Сучасні методики побудови прогнозних моделей базуються на статистичному аналізі і моделюванні часових рядів [33, 34, 35].

Будь-яке споживання електроенергії описується тимчасовим інтервалом, представлене миттєвими значеннями споживаної потужності в дискретні моменти часу. Моделі даного типу мають досить високий ступень адекватності для вирішення багатьох завдань прогнозування процесів в електроенергетиці і не тільки.

Для аналізу часових рядів виділяють наступні компоненти [33, 34]:

- тренд (Т) - плавно змінюється компонента, що описує вплив довготривалих чинників;
- сезонна компонента (S) - циклічні коливання досліджуваного процесу;
- случайная составляющая ( $\epsilon$ ) – компонента, показуюча вплив случайних факторів.

Зазначена мінливість поведінки електричного навантаження, як правило, проявляє певні стійкі закономірності, що дозволяють створити і використовувати методики фізико-математичного уявлення електричного навантаження електроустаткування.

Таблиця 3.3 - Фактори, що впливають на графік навантаження електроспоживання

| Чинники  | Соціально-економічні   | Метеорологічні  |
|----------|--|---|
| Циклічні | 1) Час;<br>2) День тижні;<br>3) Тип дня тижня<br>(Робочий, вихідний, святковий, передсвятковий). | 1) Температура повітря; 2) Тривалість світлового дня;<br>3) Час сходу і заходу сонця. |

Продовження таблиці 3.3

|           |  |  |
|-----------|--|--|
| Природні  | 1) Індивідуальна виробнича програма роботи великих промислових об'єктів;<br>2) Тривалість опалювального періоду;<br>3) Використання альтернативних джерел електропостачання;<br>4) Введення в експлуатацію великих енергоємних об'єктів. | 1) Атмосферний тиск;<br>2) Відносна вологість повітря;<br>3) Напрямок вітру;<br>4) Швидкість вітру;<br>5) Хмарність;<br>6) Оподи;<br>7) Горизонтальна дальність видимості. |
| Випадкові | Аварії на великих промислових об'єктах   | Різкі кардинальні зміни погодних умов (найбільш впливають: температура повітря і оподи)  |

В контексті попиту на енергію короткостроковий прогноз навантаження визначається як об'єднана навантаження, прогнозована в найближчому майбутньому для різних частин мережі (або мережі в цілому) [36, 37]. У цьому контексті короткостроковим вважається період від 1 до 24 годин. У деяких випадках можна встановити період в 48 годин. Короткостроковий прогноз навантаження - поширений прогноз для робочого сценарію використання мережі. Короткостроковий прогноз навантаження може використовуватися для вирішення наступних завдань [33, 34]:

- балансування попиту та пропозиції;

- підтримка торгівлі енергією;
- ринкова діяльність (призначення ціни на електроенергію);
- робоча оптимізація мережі; - регулювання попиту;
- прогнозування пікового попиту;
- управління попитом;
- балансування навантаження і запобігання перевантаження;
- виявлення збоїв і аномалій;
- скорочення (вирівнювання) піків.

Моделі короткострокового прогнозу переважно засновані на недавніх (за останній день або тиждень) відомостях про енергоспоживання. В якості основного прогностичного фактора використовується прогнозована температура. Сьогодні отримання точного прогнозу температури на годину і навіть на добу вперед не складає особливої проблеми. Ці моделі менш чутливі до сезонних змін або довгостроковим тенденціям споживання.

Для короткострокових прогнозів часто створюється великий обсяг викликів прогнозів (запитів на обслуговування), так як вони викликаються кожен годину, а в деяких випадках і частіше. Крім того, нерідко виконується впровадження, при якому кожна окрема підстанція або трансформатор представлені в якості автономних моделей. Внаслідок цього обсяг запитів на прогнозування ще більше зростає.

Традиційними статистичними методами прогнозування електроспоживання є: метод авторегресії, метод сезонних кривих, факторний аналіз та інші [34, 35, 36].

При застосуванні статистичних методів можна виділити наступні етапи процесу прогнозування:

- 1) формування вибірки статистичної інформації з масиву даних;
- 2) приведення даних до однорідних властивостями ;
- 3) угруповання даних по структурним властивостям процесу;
- 4) вивчення динаміки процесу;
- 5) вибір періоду ретроспекції;
- 6) згладжування інформації;
- 7) введення додаткової інформації для підвищення достовірності моделі [33, 34].

Розглянемо задачу оперативного планування режиму електричного споживання з попередженням на добу, тобто прогнозів. Для побудови середньодобового прогнозу необхідно визначити середньодобове споживання електроенергії. Для цього усереднюються споживання енергії за добу.

У таблиці 3.4 наводиться вихідні дані для вирішення поставленого завдання.

Таблиця 3.4 - Середньодобове споживання електроенергії

| Номер дня | День тижня | Дата | Споживання, кВт·год |
|-----------|------------|------|---------------------|
| 1         | 2          | 3    | 4                   |
| 1         | Вівторок   | 14.1 | 1830                |
| 2         | Середа     | 15.1 | 1725                |
| 3         | Четверг    | 16.1 | 1699                |
| 4         | П'ятниця   | 17.1 | 1830                |
| 5         | Субота     | 18.1 | 1880                |
| 6         | Неділя     | 19.1 | 1890                |
| 7         | Понеділок  | 20.1 | 1925                |
| 8         | Вівторок   | 21.1 | 1958                |
| 9         | Середа     | 22.1 | 1936                |
| 10        | Четверг    | 23.1 | 1950                |
| 11        | П'ятниця   | 24.1 | 2120                |

Продовження таблиці 3.4

|    |           |      |      |
|----|-----------|------|------|
| 12 | Субота    | 25.1 | 2140 |
| 13 | Неділя    | 26.1 | 1925 |
| 14 | Понеділок | 27.1 | 2110 |
| 15 | Вівторок  | 28.1 | 2060 |
| 16 | Середа    | 29.1 | 1990 |
| 17 | Четверг   | 30.1 | 1950 |
| 18 | П'ятниця  | 31.1 | 2040 |
| 19 | Субота    | 1.2  | 2085 |
| 20 | Неділя    | 2.2  | 2101 |
| 21 | Понеділок | 3.2  | 2100 |
| 22 | Вівторок  | 4.2  | 2100 |
| 23 | Середа    | 5.2  | 1990 |
| 24 | Четверг   | 6.2  | 1930 |
| 25 | П'ятниця  | 7.2  | 1095 |
| 26 | Субота    | 8.2  | 2040 |
| 27 | Неділя    | 9.2  | 1985 |
| 28 | Понеділок | 10.2 | 1975 |
| 29 | Вівторок  | 11.2 | 1885 |
| 30 | Середа    | 12.2 | 1865 |
| 31 | Четверг   | 13.2 | 2030 |
| 32 |           |      |      |

Виключимо вихідні дні та свята, оскільки споживання в ці дні нехарактерно.

Зобразимо на графіку залежність зміни потужності з урахуванням вихідних днів, додамо лінію тренда - стійкої зміни. Величина достовірності апроксимації досить мала  $R^2 = 0.214 < 0.5$  (рисунок 3,5), що означає малу ймовірність правильного прогнозу.

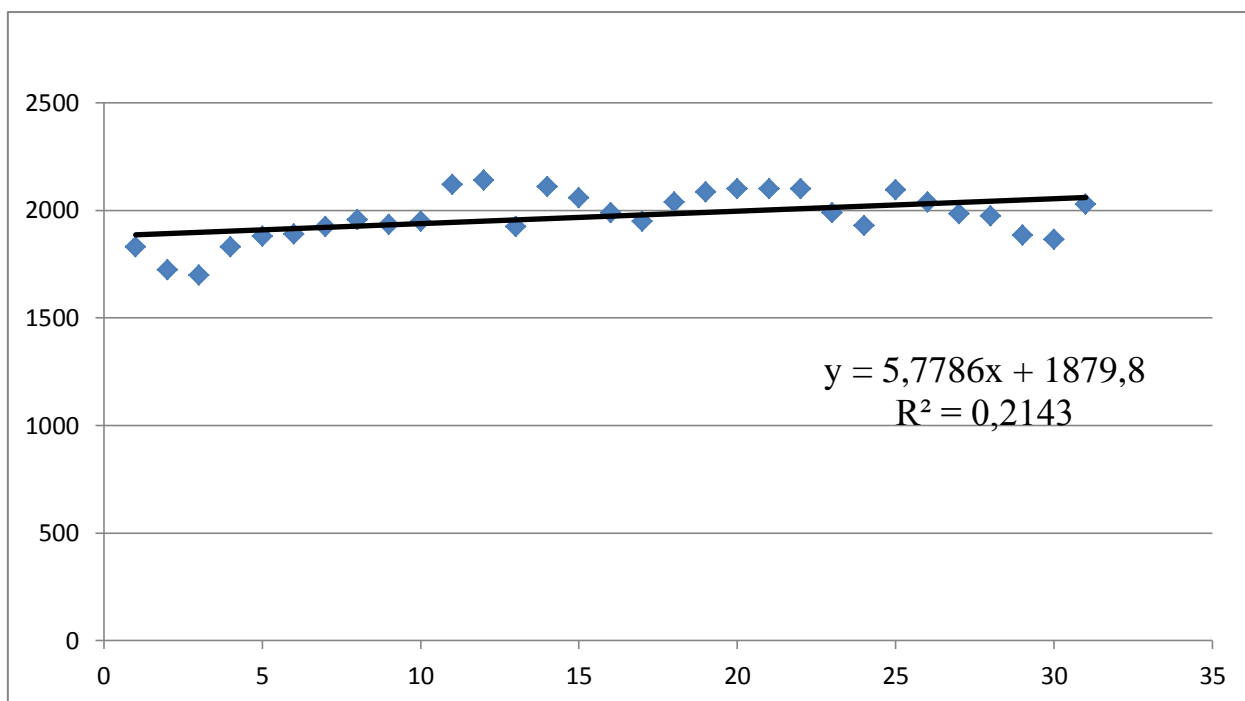


Рисунок 3.5 - Середньодобове електроспоживання з урахуванням вихідних

Виключимо з графіка навантаження споживання у вихідні дні.

Величина достовірності апроксимації досить мала  $R^2 = 0,274 < 0,5$ , що так само означає малу ймовірність правильного прогнозу. Результат показаний на малюнку 2.

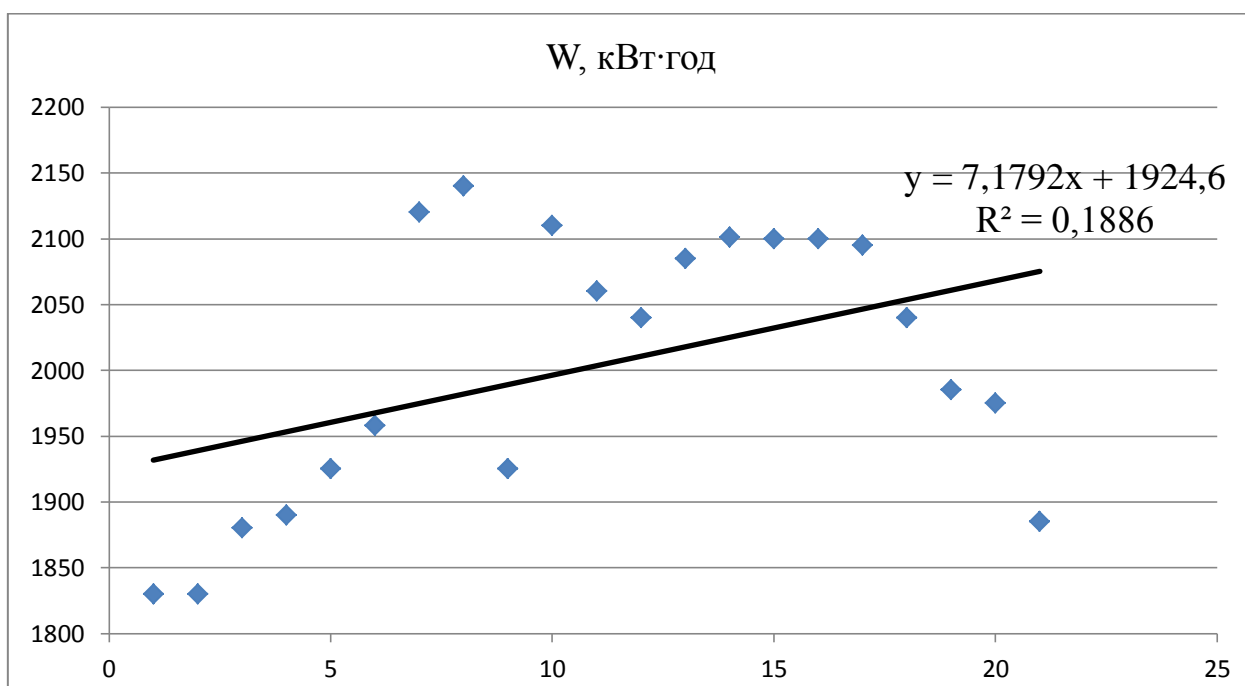
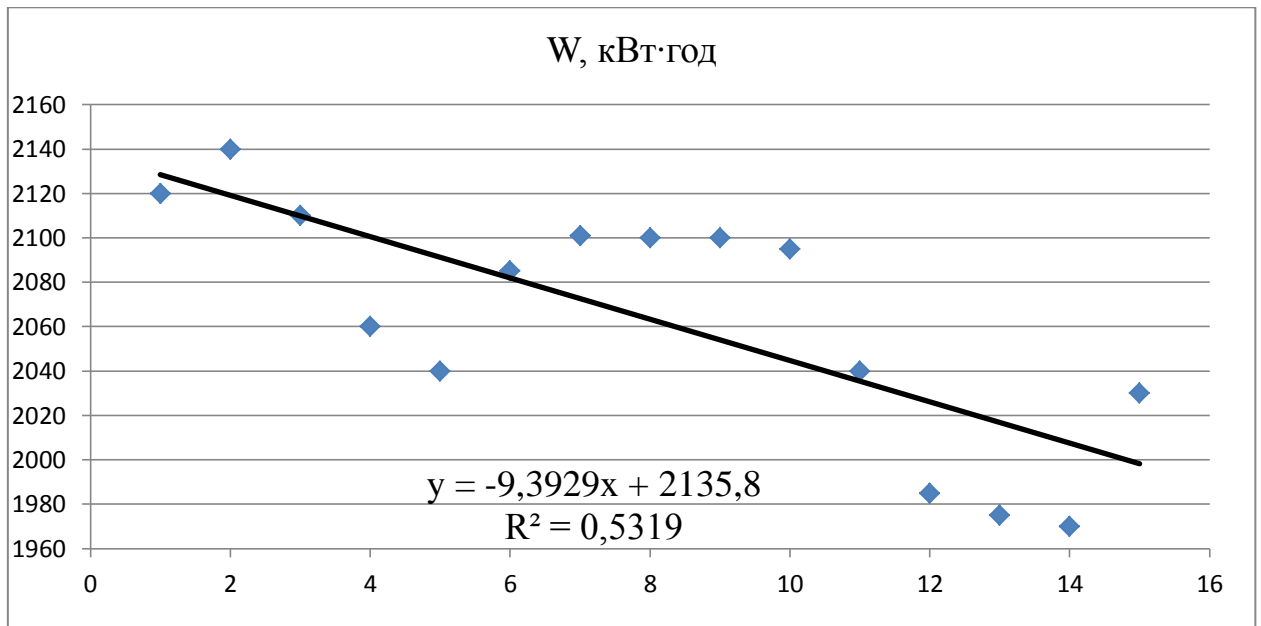


Рисунок 3.6 - Середньодобове електроспоживання без урахування вихідних

Виключимо викиди, тобто згладимо ряд даних. Для цього задамо діапазон допустимих відхилень від моделі, яка буде підбиратися, зазвичай він становить 5-10%, але в роботі був прийнятий 2%. Результат показаний на малюнку 3.6.



Малюнок 3.6 - Середньодобове електроспоживання без вихідних і сплесків

Візуально видно, що модель прогнозування на малюнку 3 має протилежну динаміку зміни потужності (спадає), ніж на рисунку 3.5 і на рисунку 3.5 (зростає). Для подальшої побудови моделі прогнозу залишимо обрані значення (15 днів - з 24.01 по 14.02 за винятком 26.01 і вихідних днів), тому що вони найближчі до дня, на який необхідно зробити прогноз.

Можна визначити наступні похибки моделі (результати занесені в таблицю 3):

- абсолютна похибка:

$$\Delta = W_{\text{пот.}} - W_{\text{тренд}}, \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

- середня похибка:

$$\Delta_{\text{ср.}} = \frac{\sum \Delta_i}{i}, \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

- максимальна похибка:

$$\Delta_{max} = \max\{\Delta 1, \dots, \Delta t, \}, \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

- середнє квадратичне відхилення:

$$СКВ = \sqrt{\sigma^2};$$

де  $\sigma$  – дисперсія  $\Delta t$ .

Рівняння моделі відповідає лінії тренда:

$$y = -9,393x + 2135$$

Таблиця 3.5 – Похибка моделі прогнозу

|                          | Вспож. кВт·год | Ртренд, кВт·год | Відхилення, кВт·год | Допустиме відхилення |        |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------|----------------------|--------|
| 1,0                      | 2118,3         | 2125,3          | -7,0                | 2098,8               | 2151,8 |
| 2,0                      | 2138,0         | 2116,6          | 21,4                | 2090,1               | 2143,1 |
| 3,0                      | 2111,2         | 2107,9          | 3,3                 | 2081,4               | 2134,4 |
| 4,0                      | 2062,5         | 2099,2          | -36,7               | 2072,7               | 2125,7 |
| 5,0                      | 2038,7         | 2090,5          | -51,8               | 2064,1               | 2117,0 |
| 6,0                      | 2084,7         | 2081,8          | 2,8                 | 2055,4               | 2108,3 |
| 7,0                      | 2101,1         | 2073,1          | 28,0                | 2046,7               | 2099,6 |
| 8,0                      | 2102,4         | 2064,4          | 38,0                | 2038,0               | 2090,9 |
| 9,0                      | 2095,2         | 2055,8          | 39,4                | 2029,3               | 2082,2 |
| 10,0                     | 2091,4         | 2047,1          | 44,3                | 2020,6               | 2073,5 |
| 11,0                     | 2040,6         | 2038,4          | 2,3                 | 2011,9               | 2064,8 |
| 12,0                     | 2004,3         | 2029,7          | -25,3               | 2003,2               | 2056,1 |
| 13,0                     | 1987,5         | 2021,0          | -33,4               | 1994,5               | 2047,5 |
| 14,0                     | 1975,1         | 2012,3          | -37,2               | 1985,8               | 2038,8 |
| 15,0                     | 2029,8         | 2003,6          | 26,2                | 1977,1               | 2030,1 |
| Сер.похибка.             | 26,5           |                 |                     |                      |        |
| Макс. похиб.,<br>кВт·год | 51,8           |                 |                     |                      |        |
| СКВ                      | 50,2           |                 |                     |                      |        |

Тепер визначимо середньодобову потужність на прогнозний день. Для цього екстраполюємо модель (лінію тренда) і спрогнозуємо потужність на 11-й день: Пік ( $t + 1$ ) = 1994,896 кВт · год;

Далі необхідно визначити погодинну потужність. Це здійснюється наступним чином: за всіма певні дні ( $n$ ) розраховується середнє споживання для кожної години ( $i$ ):

$$W_{i.ср.погодин.} = \frac{\sum_{n=1}^{15} W_i}{15}, \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Визначимо середнє споживання на годину в відносних одиницях:

$$W_{ср.погодин.} = \frac{\sum_{n=1}^{24} W_{ср.по год.}^{0:00...23:00}}{15}, \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{ср.погодин.}^* = \frac{W_{i.ср.погодин.}}{W_{ср.погодин.}}, \text{ в. о.}$$

Таким чином, для прогнозування споживання по годинах:

$$W_{i.ср.погодин.} = W_{ср.погодин.}^* \cdot W_{n+1}, \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

У таблиці 3.6 наводиться середньодобовий прогнозний графік навантаження.

Таблиця 4 - Середньодобовий прогнозний графік навантаження, кВт·год

|         |         |        |         |        |         |         |         |        |        |         |        |
|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|
| 0       | 1       | 2      | 3       | 4      | 5       | 6       | 7       | 8      | 9      | 10      | 11     |
| 1780,95 | 1694,65 | 1659   | 1647,2  | 1648,1 | 1670,95 | 1762,77 | 1944,5  | 2092,2 | 2161,3 | 2187,97 | 2199   |
| 12      | 13      | 14     | 15      | 16     | 17      | 18      | 19      | 20     | 21     | 22      | 23     |
| 2168,5  | 2141,8  | 2134,6 | 2119,44 | 2115,1 | 2145,9  | 2218,88 | 2209,28 | 2139,8 | 2096,6 | 2037,7  | 1901,3 |

Уявімо графічно графік навантаження за прогнозованими даними. Графік наводиться на малюнку 3.7

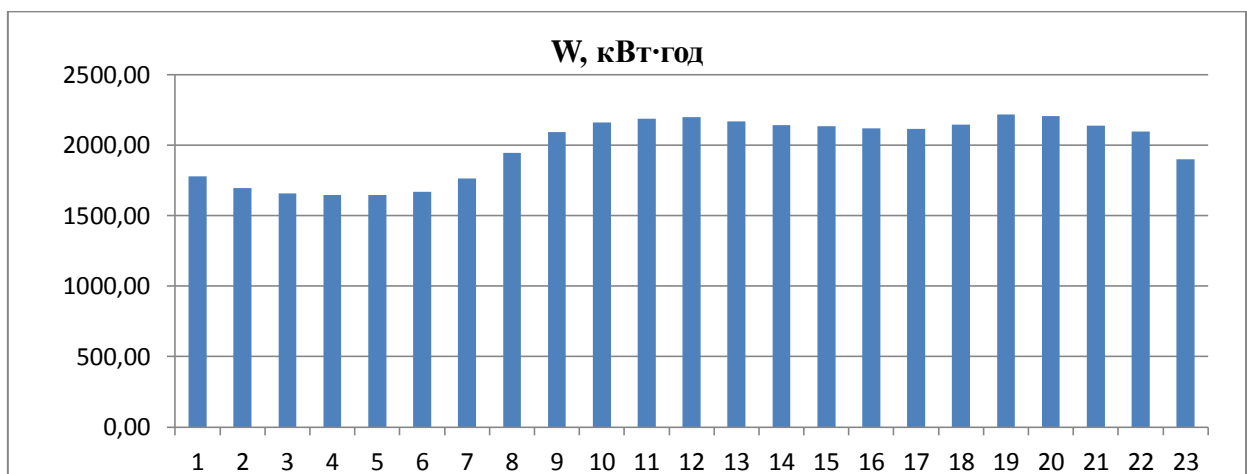


Рисунок 3.7 - Прогноз середньодобового графіка споживання

В результаті дослідження побудована регресійна модель прогнозування  $Wочік(t)$  на основі ретроспективних даних (місяць до дня прогнозу), тобто була врахована тенденція споживання минулого. При цьому враховувалися деякі особливості нехарактерна навантаження у вихідні дні та свята. Необхідно внести поправку на температуру, оскільки зміна температури впливає на поведінку споживача.

Величина прогнозу  $Wочік(t+1)$  змінюється в залежності від багатьох випадкових факторів, які можуть відрізнятися від тих, за якими складався модель  $Wочік(t)$ . Аналіз моделі прогнозування показав, що точність прогнозу висока, так, що відносна похибка не перевищує 5 відсотків, а в окремих годинах і 1 відсотка.

## **Висновок**

## 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

### 4.1 Опис ідеї проекту

Ідея проекту полягає про впровадження пристрою на базі платформи Arduino для опитування електронних лічильників по оптичному порту, з подальшої реєстрації даних, зберігання і передачі їх по RS485, Ethernet, WI-FI, Bluetooth.

Використання даного пристрою передбачає підвищення показників надійності, якості зв'язку, і зручності використання.

Опис ідеї стартап-проекту, що розкриє цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів, вказаний у таблиці 4.1 [32].

Таблиця 4.1 - Опис ідеї стартап-проекту

| Зміст ідеї   | Напрямки застосування                                 | Вигода для користувача   |
|--|---|--|
| Пропонується ідея зі створення пристрою на базі платформи Arduino для опитування електронних лічильників через оптичний порт, з подальшого накопичення і передачі даних на сервер по інтерфейсу RS485, Ethernet, WI-FI, Bluetooth. | 1. Засоби по збору свідчень електропотреблення        | Резервне зберігання даних  |
|  | 2. Засоби по синхронізації даних з сервером           | Можливість подивитися синхронізовані дані на сервері   |
|  | 3. Засоби по синхронізації даних з мобільним додатком | Можливість за допомогою програми на смартфоні переглядати статус, лічильника, тарифів, показання електроспоживання, і налаштування параметрів моніторингу електроенергії |

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного методу є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

Поки немає конкурента в Україні, оскільки даний тип оптичного опитування поширений тільки для статичного опитування і настройки електронного лічильника обслуговуючим персоналом.

#### 4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (порядок дій для реалізації комплексного підходу).

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових, що зображені у таблиці 4.2 [33].

Таблиця 4.2 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

| /п | Ідея проекту  | Техно<br>логія її<br>реалізації | Наявн<br>ість<br>технологій | Доступ<br>ність<br>технологій |
|----|---|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. | Визначення за допомогою програмного забезпечення графіки енергоспоживання за певний період часу | Oracle<br>MySQL                 | наявна                      | доступна                      |
| 2. | Встановлення сокета на лічильник для подальшого закріплення зчитувального пристрою              | Rohipol<br>Tape                 | наявна                      | доступна                      |

## Продовження таблиці 4.2

|   |   |             |        |          |
|---|---|-------------|--------|----------|
| 3.  | Використання відкритої платформи для розробки Arduino IDE | Arduino Uno | наявна | доступна |
| Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Oracle MySQL |   |             |        |          |

База даних MySQL - це найпопулярніша в світі база даних з відкритим кодом. Завдяки своїй перевіреної продуктивності, надійності і простоті використання база даних MySQL найбільш часто використовується для веб-додатків. Крім того, її особливо часто вибирають в якості вбудованої бази даних, яка розповсюджується тисячами постачальників програмного забезпечення і виробників обладнання.

Епоксидна зварювання Rohipol Tare - є одним з найбільш міцних і довговічних сучасних стрічкових клеїв для склеювання різних видів матеріалів, таких як: металевих деталей, бетону, пластику, дерева, мармуру, пластмаси, скла, кераміки, каменю, порцеляни та інших важко скльовувати матеріалів. Даний склеюваний матеріал є стрічкою в середині якої знаходиться епоксидна смола з затверджувачем. З обох сторін стрічка прикрита захисною плівкою, яка забезпечує захист затверджувача від окислення повітрям. При знятті даної захисної плівки - виникає хімічна реакція між затверджувачем і епоксидною смолою, в наслідок чого склад починає полімеризуватися і застигати.

Arduino - це невелика плата з власним процесором і пам'яттю. На платі також є пара десятків контактів, до яких можна підключати всілякі компоненти: лампочки, датчики, мотори, роутери, периферію для передачі даних, магнітні дверні замки і взагалі все, що працює від електрики. У

процесор Arduino можна завантажити програму, яка буде керувати всіма цими пристроями за заданим алгоритмом. Існує велика лінійка різновиду платформ сімейства Arduino, а саме: Arduino Mini, Arduino Nano, Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo тощо.

#### 4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз ринкового середовища: складання таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають, ці фактори перераховані у таблицях 4.3 і 4.4 відповідно [33].

Таблиця 4.3 - Фактори загроз

| /п | Фактор                                | Зміст загрози                              | Можлива реакція компанії |
|----|---------------------------------------|--|--------------------------|
| 1. | Складне економічне становище в країні | Брак коштів щодо реалізації самого проекту | Зниження ціни            |
| 2. | Конкуренція                           | Створення аналогічного обладнання          | Зниження ціни            |

Таблиця 4.4 - Фактори можливостей

| /п | Фактор   | Зміст можливості                                      | Можлива реакція компанії |
|----|--|---|--------------------------|
| 1. | Підвищення надійності передачі даних, забезпечення стабільного зв'язку | Створення і оновлення функцій, розширення можливостей | Реклама продукту         |

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу - матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), SWOT-аналіз продемонстрований у таблиці 4.5.

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза). Підсумовуючи сильні та слабкі сторони даного проекту слід обрати альтернативу ринкового впровадження.

Таблиця 4.5 - SWOT- аналіз стартап-проекту

|   |   |
|---|---|
| <p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- наразі проект не має конкурентів аналогів;</li> <li>- зручність установки та експлуатації;</li> <li>- автоматичне управління та моніторинг стану електроспоживання за допомогою смартфона;</li> </ul> | <p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- економічна ситуація в державі;</li> <li>- необізнаність покупців;</li> <li>- невисокі затрати на рекламу;</li> <li>- загрози нестабільної роботи із-за новизни</li> </ul> |
| <p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- підвищення надійності та якості передачі даних;</li> <li>- зменшення вартості пристрою;</li> <li>- розширення асортименту продукції;</li> <li>- розширення асортименту послуг;</li> </ul>                 | <p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- складне економічне становище в країні;</li> <li>- з'явлення конкуренція.</li> <li>- зменшення попиту;</li> </ul>   |

#### 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Так, як треба зосередитися на одному сегменті, то стратегія проекту буде концентрованою. У ролі стратегії розвитку, обрано стратегію диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів. Така відмінність може базуватися на об'єктивних або суб'єктивних, відчутних і невідчутних властивостях товару, бути реальною або уявною. Інструментом реалізації стратегії диференціації є ринкове позиціонування.

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Вибір цільових груп потенційних споживачів проведений у таблиці 4.6 [34].

Таблиця 4.6 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

| /п   | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність сприйняття споживачем товару | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу у сегмент |
|--|--|---|---|--------------------------------------|--------------------------|
| 1.   | Електропередавальні компанії                     | Часткова готовність                     | Достатній   | Слабка                               | Складно                  |
| 2.   | Інвестори  | Повна готовність                        | Достатній   | Слабка                               | Складно                  |
| 3.   | Державні органи влади                            | Часткова готовність                     | Достатній   | Помірна                              | Складно                  |
| Які цільові групи обрано: електропередавальні компанії |  |   |   |                                      |                          |

Оскільки пристрій зосереджується на одному сегменті зчитування та передачі даних – обирається стратегія концентрованого маркетингу. В цьому випадку реалізуються заходи по формуванню попиту (навчання споживачів користуванню товаром, формування регулярного попиту, збільшення споживання). Така стратегія можлива тільки на початкових стадіях життєвого циклу товару, коли попит ще є розширюваним, а взаємний тиск конкурентів ще невеликий. Інакше фірмі конкурентів необхідно приймати оборонну або стратегію.

#### **4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту**

Маркетингова модель товару може бути представлена наступним чином. Товар за задумом: пристрій, який закріплюється на електронному лічильнику і за рахунок передачі даних по оптичному інтерфейсу, синхронізує данні енергоспоживання між сервером, смартфоном.

Товар у реальному виконанні передбачає наступні характеристики:

- номінальна напруга живлення 5 В;
- номінальний струм споживання до 150мА;
- ступень захисту IP 57;
- наявність автономного живлення у вигляді Li-ion акумулятора, для безперервного обміну даними з базою даних
- інтерфейс передачі даних: RS485, RS232, Ethernet(RJ45), Wi-Fi, Bluetooth, ІЧ оптичний порт;
- зовнішня тактова кнопка для сполучення пристрою з Wi-Fi мережмою, або к телефону через Bluetooth;
- відповідні сертифікати та стандарти.

Товар із підкріпленням передбачає послуги по встановленню, монтажу, сервісні послуги та послуги обслуговування.

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару показано у таблиці 4.7 [35].

Таблиця 4.7 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

| /п | Потреба                   | Вигода, яку пропонує товар                            | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі, або такі, що потрібно створити) |
|----|---------------------------|---|---|
| 1. | Надійність та захищеність | Індивідуальний доступ для кожного клієнта             | Індивідуальний частковий доступ   |
| 2. | Повнота даних             | Аналіз даних по кожному лічильнику                    | Повнота даних по енергоспоживанню   |
| 3. | Достовірність інформації  | Інформація отримана від інформаційних блоків засобів  | Інформація є достовірною  |
| 4. | Підтримка та оновлення    | Створення і оновлення функцій, розширення можливостей | Врахування індивідуальних побажань клієнтів для кожного пристрою              |

Концепція, згідно з якою компанія ретельно обмірковує і координує роботу своїх численних каналів комунікації називається концепція маркетингової комунікації, вона продемонстрована у таблиці 4.8. Це робиться з метою вироблення чіткого, послідовного і переконливого уявлення у споживачів про продукт. Спрямована на інформування, переконання, нагадування споживачам та ринку в цілому про продукт і діяльність [34].

Таблиця 4.8 - Концепція маркетингової комунікації

| /п | Цільові групи                | Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти | Ключові позиції, обрані для позиціонування | Завдання рекламного повідомлення | Концепція рекламного звернення       |
|----|------------------------------|--|--|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. | Електропередавальні компанії | Інтернет   | Надійність, повнота інформації             | Зацікавити клієнтів              | Зручність, надійність, достовірність |
| 2. | Інвестори                    | Інтернет   | Надійність, повнота інформації             | Зацікавити клієнтів              | Зручність, надійність, достовірність |
| 3. | Державні органи влади        | Інтернет   | Надійність, повнота інформації             | Зацікавити клієнтів              | Зручність, надійність, достовірність |

### Висновок до розділу

1. Розроблено стартап-проект, ідея якого полягає у впровадженні та економічному обгрунтуванні підвищення надійності розподільних мереж, а саме комплексному підході, який буде направлений для використання електропередавальними компаніями або особами, які використовують ці технології для енергозабезпечення своїх потреб.

2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту показав, що даний продукт вразливий до таких загроз як слабка купівельна спроможність громадян та посилена конкуренція, проте цим загрозам можна протистояти якщо знизити ціну на продукт.

3. Дослідження дозволило визначити, що найбільший попит серед всіх цільових груп матимуть електропередавальні компанії.

4. Огляд довів, що бар'єром для впровадження стартап-проекту являє вже готова реалізація по передачі даних від лічильника до серверів енергопостачальників.

5. Аналіз підтвердив, що є доцільна подальша імплементація проекту за рахунок її дешевизни, різноманітним інтерфейсом зв'язку, зручністю використання, контролю показників електроспоживання і налаштування пристрою.

## ВИСНОВКИ

1. Розглянуто методи та засоби підвищення енергоефективності за рахунок організації автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії. Розглянуто основні засоби по оптимізації споживання енергетичних ресурсів та проаналізовано основні фактори які впливають на прогнозування.

2. Розглянуто та проаналізовано види методів оцінювання для систем автоматизованого обліку, в результаті чого був обраний метод експертних оцінок, з допомогою якого була обрана система АСКОЕ, яка відповідає поставленим вимогам

3. Для обраного об'єкта (офісної будівлі) були побудовані засоби автоматизованої системи обліку, завдяки якій з'явилася можливість вести облік електроенергії для кожної групи електроспоживачів, що дало можливість регулювання диспетчерських графіків для вирівнювання загального графіка електронавантаження

4. Проаналізовано програмні забезпечення побудови автоматизованої системи обліку, розглянуто загальні вимоги програмного забезпечення АСКОЕ. Обраний програмний комплекс автоматичного обліку з відкритим вихідним кодом, для якого був створений програмний блок-драйвер для аналізу графіка електричного навантаження.

5. Викинено статистичний аналіз режиму електроспоживання. Ці дані дозволили визначити неоднорідність ряду даних. Розраховано коефіцієнт асиметрії, що дозволило зробити висновок про наявність правобічної асиметрії. Для більш детальнішого аналізу було обрано основні фактори, що впливають на електроспоживання, і проведено їх моніторинг. Для отриманих даних було побудовано рівняння множинної регресії, що дозволили врахувати кожен фактор, що впливає на електроспоживання. Якість отриманого рівняння було оцінено за допомогою розрахунків і порівняння отриманих результатів з фактичним споживанням. Розроблено метод

регресійного прогнозування. В результаті дослідження побудовано регресійна модель прогнозування і аналіз моделі прогнозування показав, що точність прогнозу висока, так, що відносна похибка не перевищує 5 відсотків.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. АСКУЭ. Комплекс технических и программных средств «Энергомера». Прозрачные решения / ЗАО «Энергомера». – Ставрополь, 2013. – 8 с.
2. Краснопевцева И.В., Краснопевцева Е.А., Козина Л.Н. Инновационные подходы к экономии энергетических ресурсов // Вестник НГИЭИ. – 2014. – № 12(43). – С. 48–53.
3. Кычкин А.В. Синтез системы удаленного энергетического мониторинга производства // Metallurg. – 2015. – № 9. – С. 20–27.
4. Булякин Н.С., Валиуллина В.Н., Козина Л.Н. Энергосбережение в химическом производстве. Увеличение эффективности использования энергоресурсов // YOUNG ELPIT 2013: междунар. инновац. форум молодых ученых, 2014. – С. 54–59.
5. Суровцев И.С. Инженерные системы и сооружения ВГАСУ // Инженерные системы. – СПб., 2009. – 167 с.
6. Кычкин А.В. Программно-аппаратное обеспечение сетевого энергоучетного комплекса // Датчики и системы. – 2016. – № 7(205). – С. 24–32.
7. Седов А. В. Системы контроля, распознавания и прогнозирования электропотребления: модели, методы, алгоритмы и средства / А. В. Седов, И. И. Надтока // Ростов н/Д: Изд-во Рост. Ун-та. – 2002. – 320 с.
8. Черненко П. О., Мартинюк О. В., Заславський А. І. Моделювання і прогнозування електроспоживання та екстремальних значень електричного навантаження енергооб'єднання. – Енергетика та електрифікація. – 2009. – №11. – С. 24–34.
9. Черненко П. А., Кузнецов Г. Г. Определение информативности и краткосрочное

прогнозирование периодических нестационарных случайных процессов в электро энергетических системах. – Киев, 1977. – 38 с.

10. Conpendium on Sciece& Research Cooperation between the European Union and the Russian Federation / European Communitities, 2009. – 136 с.

11. Бэнн Д. В., Фармер Е. Д. Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки.– М.: Энергоатомиздат, 1987. – 197 с.

12. Егоров В., Кужеков С. Интеллектуальные технологии в распределительном электросетевом комплексе // ЭнергоРынок. – 2010. – № 6. – С. 26–28.

13. Франк Т., Кычкин А.В., Мусихина К.Г. Государственное управление проектами в области энергосбережения как база для эффективного внедрения «лучших практик» // Менеджмент в России и за рубежом. – 2014. – № 3. – С. 98–104.

14. Тумаков А.В., Лондер М.И., Единое информационное пространство как основа создания интегрированной системы управления электрическими сетями России // Естественные и технические науки. – 2010. – № 4(49). – С. 378–383.

15. Терехов С. А. Вейвлеты и нейронные сети / Терехов С. А. – Режим доступа до статті: <http://alife.narod.ru/lectures/wavelet2001>.

16. Pankratz A. Forecasting with univariate Box-Jenkins models: Concepts and cases 1 / A. Pankratz. – New York: Wiley, 1983.

17. Электробезопасность. Теория и практика: учеб. пособие для вузов / П.А. Долин, В.Т. Медведев, В.В. Крючков, А.Ф. Монахов; под ред. В.Т. Медведева. – М.: Изд. дом МЭИ, 2012. – 280 с.

18. Кычкин А.В. Протокол беспроводного сбора энергоданных для систем мониторинга реального времени // Вестник Южно-Урал. гос. ун-та.

Сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2014. – Т. 14. – № 4. – С. 126–132.

19. Аюев Б.И. Методы и модели эффективного управления режимами единой электроэнергетической системы России: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2008.

20. Бойцов Ю.А., Васильев А.П. Решение задачи рациональной организации системы оперативного обслуживания электрических сетей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2008. – № 1–2. – С. 56–63.

21. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс, А. Пирсол. – М.: Мир, 1974 – Вып. 1, 2.

22. Волошко А. В. К вопросу применения кратномасштабного анализа для сжатия и восстановления графика электрической нагрузки [Текст] / А. В. Волошко, Д. О. Иванько, К. Ю. Гура [и др.] // Электроника и связь. – 2010. – № 4. – С. 59–64.

23. Волошко А. В. Локальне відновлення закодованої інформації / А. В. Волошко, Т. Н. Лутчин. – Праці Інституту електродинаміки НАН України : в зб. наук. пр., 2010. – С. 93–96.

24. Костыгов А.М., Кычкин А.В. Структуризация удаленного мониторинга группы интеллектуальных подвижных платформ в реальном времени // Датчики и системы. – 2013. – № 9. – С. 65–69.

25. Анализ эксплуатационной надежности оборудования электрических сетей / М.Ш. Мисриханов, А.Н. Назарычев, А.И. Таджибаев [и др.] // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: сб. науч. тр. – М.; Н. Новгород, 2010. – Вып. 58. – С. 75–84.

26. Кычкин А.В., Микрюков Г.П. Метод обработки результатов мониторинга группы энергопотребителей // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2016. – № 6. – С. 9–14.

27. Пилипенко Г.В. Выбор оптимальной системы оператив-нодиспетчерского управления электростанции // Энергетик. – 2008. – № 10. – С. 34–35.
28. Немцев А.Г., Немцев Г.А. Качество электроэнергии и режимы её потребления в системах электроснабжения. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. ун-та им. И.Н. Ульянова, 2010. – 440 с.
29. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. – М.: Машиностроение–1, 2006. – 256 с.
30. Kuchkin A.V., Mikriukov G.P. Applied data analysis in energy monitoring system // Problems of regional energy. – 2016. – № 2(31). – С. 84–92.
31. К вопросу измерения и оценки показателей качества электрической энергии / А.В. Праховник, Н.А. Денисенко, А.В. Волошко, А.Л. Харчук // Энергетика и электрификация. – 2012. – № 3. – С. 21–27.
32. ARM and DSP Based Device for Power Quality Monitoring / Genghuang Yang, Feifei Wang, Shigang Cui, Li Zhao // Advances in Electronic Engineering, Communication and Management. Vol. 2: Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2012. – Vol. 140. – P. 163–168.
33. Зуева В.Н. Нейросетевое прогнозирование графиков нагрузки энергосистемы. / В.Н. Зуева // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2015. Т. 8. С. 286- 290.
34. Зуева В.Н., Никитина Ю.Ю. Анализ методов прогнозирования графиков нагрузки электрооборудования / В.Н. Зуева, Ю.Ю. Никитина // Сборник докладов победителей и лауреатов XXII студенческой научной конференции АМТИ 2016. С. 119- 122.
35. Зуева В.Н., Белозерская Т.Ю. Расчет потерь электроэнергии в силовом трансформаторе / В.Н. Зуева, Т.Ю. Белозерская // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2015. Т. 8. С. 116-120.

36. Соловьева И.А. Прогнозирование электропотребления с учетом факторов технологической и рыночной среды / И.А. Соловьева, А.П. Дзюба // Научный диалог. – 2013. – №7(19).

37. Казаринов Л.С. Метод прогнозирования электропотребления промышленного предприятия / Л.С. Казаринов, Т.А. Барбасова и др. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2014. – Т. 14, №1. – С. 5-13.

38. Праховник А.В., Коцар О.В., Прокопеч В.І. Сучасні принципи побудови АСКОЕ суб'єктів ОРЕ та АСКОЕ споживачів в умовах енергоринку України // Энерг. и электрификация, 2006. – №4 – С.2 – 7.

39. Праховник А.В., Коцар О.В. Концептуальні положення побудови АСКОЕ в умовах запровадження перспективних моделей енергоринку України // Энерг. и электрификация, 2009. – №2 – С.45 – 50.

40. Праховник А.В., Коцар О.В. Формування інформаційного забезпечення розрахунків за електричну енергію в умовах запровадження перспективних моделей енергоринку України // Энерг. и электрификация, 2009. – №3 – С.40 – 51.

41. Сальников А.Х., Шевченко Л.А. Нормирование потребления и экономия топливно-энергетических ресурсов.- М.: Энергоатомиздат, 1986.

42. Волобринский С.Д., Гельфарб А.И., Михайлов А.К. Определение фактических удельных расходов электроэнергии и прогнозирование электропотребления при многономенклатурном производстве Текст. // Промышленная энергетика. 1970. - № 5.

43. Гофман Н.В. Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий. - М.:Энергия, 1966.

44. Тайц А.А., Бредлик М.Р. Применение математического метода при нормировании удельных расходов электроэнергии в промышленности Текст.- М.: изд-во МИЭИ им. С.Орджоникидзе, 1973.
45. Проблеми створення шкали єдиного часу вимірювальних систем електроенергетики України / О.С.Клейман, О.В.Коцар, П.О.Кравченко та ін. // *Енерг. и электрификация*, 2007. – №1 – С.42 – 49.
46. Клейман О.С., Романько В.М., Коцар О.В. Пропозиції щодо створення серверів часу в галузі обліку енергоносіїв // VI Міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія – 2008)» – Наукові праці конференції у 2-х томах, Харків, 2008. – Т1. – С. 183 – 186.
47. Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії суб'єктів ОРЕ. Загальні вимоги. Стандарт ОРЕ // Затв. Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол №15 від 27.01.2006 р.
48. Коцарь О. В. Применение АСКУЭ для контроля текущих параметров режимов электропотребления на промышленных предприятиях / О. В. Коцарь // *Энергетика и электрификация*. – 2004. – № 6. – С.24–29.
49. Коцар О. В. Застосування АСКОЕ для контролю характеристик режимів електропостачання та керування режимами електроспоживання на підприємстві фармацевтичної галузі / О. В. Коцар, Ю. О. Кот, Ю. О. Расько, С. В. Полевик // *Управління, економіка та забезпечення якості в фармації*. – 2010. – С. 18–27.
50. Праховник А. В. Концептуальні положення побудови АСКОЕ в умовах запровадження перспективних моделей енергоринку України / А. В. Праховник, О. В. Коцар // *Енергетика та електрифікація*. – 2009. – № 2. – С. 45–50.
51. Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення: навч. посібник / Г. Г. Півняк, С. І.

52. Випанасенко, О. І. Хованська та ін. – Д. : Національний гірничий університет, 2013. – 214 с.