

620.9(075)  
Б12

О. В. Бабенко

# ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ

КУРСОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ



Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**О. В. Бабенко**

# **ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ**

**КУРСОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ**

**Навчальний посібник**

Вінниця  
ВНТУ  
2014

**УДК 005:620.9(075)**

**ББК 65.053:31я73**

**Б12**

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 5 від 27.12.2012 р.).

Рецензенти:

**В. П. Розен**, кандидат технічних наук, професор

**П. Д. Лежнюк**, доктор технічних наук, професор

**С. Й. Ткаченко**, доктор технічних наук, професор

**Бабенко, О. В.**

Енергетичний аудит. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Бабенко. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 72 с.

В навчальному посібнику викладено алгоритм проведення енергетичного аудиту промислових підприємств і цивільних споруд, в яких здійснюється використання паливно-енергетичних ресурсів. Наведено вказівки до пошуку інформації, що необхідна для здійснення ефективного дослідження під час виконання курсового проекту. Запропонований алгоритм проілюстровано у прикладі реалізації енергоаудиторського дослідження промислового підприємства, в якому паливно-енергетичні ресурси використовуються в системах електропостачання, опалення та освітлення. Навчальний посібник рекомендовано для студентів, що навчаються за спеціальністю „Енергетичний менеджмент”.

**УДК 005:620.9(075)**

**ББК 65.053:31я73**

© О. Бабенко, 2014

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
1. ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	6
2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОБ'ЄКТ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ	7
2.1. Попереднє отримання інформації про об'єкт енергетичного аудиту	7
2.2. Аналіз попередньо отриманої інформації про об'єкт енергетичного аудиту	10
2.3. Поглиблене отримання інформації про об'єкт енергетичного аудиту	20
3. ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ	24
3.1. Побудова та аналіз характеристик режимів споживання паливно-енергетичних ресурсів	24
3.2. Складання та аналіз паливно-енергетичних балансів підприємства	25
3.3. Визначення питомих норм споживання паливно-енергетичних ресурсів	25
4. РОЗРОБЛЕННЯ І ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЕР	26
4.1. Техніко-економічний аналіз заходів з підвищення економії ПЕР на об'єкті	26
4.2. Енергоаудиторський висновок	26
4.3. Рекомендовані інформаційні джерела	27
УКРАЇНСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК НАЙБІЛЬШ ВЖИВАНИХ ТЕРМІНІВ	33
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	34
Додаток А. Приклад проведення енергетичного аудиту підприємства	36
Додаток Б. Приклад титульної сторінки курсового проекту	67
Додаток В. Приклад індивідуального завдання до курсового проекту	68
Додаток Г. Приклад технічного завдання	69

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БСК – батарея статичних конденсаторів  
ЕА – енергетичний аудит  
КРП – компенсація реактивної потужності  
КУ – компенсаційна установка  
ПЕР – паливно-енергетичні ресурси  
ПЕБ – паливно-енергетичний баланс  
ТП – трансформаторна підстанція  
ЦРП – центральний розподільний пристрій

## ВСТУП

Енергетичний аудит згідно з законом України «Про енергозбереження» [1] формулюється, як визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та розроблення рекомендацій щодо її поліпшення.

Відповідно до цього студенту під час курсового проектування необхідно здійснити два основні етапи.

1. Визначити, в якій мірі на момент проектування ефективно використовуються паливно-енергетичні ресурси на підприємстві.

2. Запропонувати заходи з енергозбереження, які приведуть до зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів на виробництво продукції.

Енергетичний аудит – творча справа, яка може бути здійснена різними шляхами. В даному посібнику пропонується послідовність аудиторського дослідження, що побудована з використанням рекомендацій [2–5] і відображає вищевказані два основні етапи. Цю послідовність можна показати пунктами:

1. Попереднє отримання інформації про підприємство;

2. Визначення можливих напрямків енергозбереження, що впливають з отриманої інформації;

3. Попередній аналіз ефективності визначених заходів з енергозбереження, складання попереднього звіту та плану подальшого енергоаудиторського дослідження, де будуть відображені заходи, ефективність застосування яких досліджуватиметься більш детально;

4. Додаткове отримання та оброблення інформації, що необхідна для проведення якісного техніко-економічного обґрунтування заходів з енергозбереження;

5. Техніко-економічне обґрунтування вибраних заходів з енергозбереження, оформлення звіту з ЕА та його презентація.

В додатку А даного посібника наведено приклад проведення енергетичного аудиту промислового підприємства відповідно до вищевказаної послідовності.

Творчий характер енергетичного аудиту вказує на необхідність володіння знаннями про енергоощадні заходи, про способи отримання та оброблення інформації й іншими знаннями, які даються студентам під час вивчення дисциплін, насамперед, енергетичного напрямку. Професійні навички енергоаудитора розвиваються і зміцнюються на практиці. Курсовий проект, для допомоги у виконанні якого призначений цей посібник, може бути однією з перших і важливих практик студента з виконання енергетичного аудиту.

# І ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Враховуючи послідовність проведення енергоаудиторського дослідження, яку описано у вступі, рекомендується курсовий проект сформувати з трьох розділів, в яких *необхідно розв'язати такі задачі*.

## 1.1 Інформація про об'єкт енергетичного аудиту.

- Попереднє отримання інформації про об'єкт ЕА.
- Аналіз попередньо отриманої інформації про об'єкт ЕА.
- Поглиблене отримання інформації про об'єкт ЕА

## 1.2 Оброблення інформації про використання ПЕР на підприємстві.

- Побудова та аналіз характеристик режимів споживання ПЕР.
- Складання та аналіз ПЕБ підприємства.
- Визначення питомих норм споживання ПЕР.

## 1.3 Розроблення і обґрунтування рекомендацій щодо підвищення ефективності використання ПЕР на підприємстві.

- Техніко-економічний аналіз заходів з підвищення економії ПЕР на об'єкті ЕА.
- Енергоаудиторський висновок.

Вимоги до оформлення курсового проекту подано в [6].

Слід відмітити, що на титульній сторінці (додаток Б) проекту необхідно зазначити тему курсового проекту, яка повинна починатися словами: “Проведення енергетичного аудиту *назва підприємства*”.

Першим аркушем додатків для курсового проекту має бути технічне завдання, оформлене за формою, що наведена у додатку Г.

Залежно від об'єкта проектування та спеціальної частини обсяг графічної частини може становити 2-4 листи формату А1. У цьому обсязі обов'язковими є такі креслення:

1. Генплан підприємства з обов'язково нанесеними споживачами ПЕР;
2. Структурні схеми систем використання ПЕР і основні їх техніко-економічні показники.

Пояснювальна записка виконується відповідно до ГОСТ 2.105-95, а графічна частина – згідно з ГОСТ 2.702-75 ЕСКД.

В наступних розділах наведені пояснення до написання кожного розділу курсового проекту.

## 2 ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОБ'ЄКТ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

Для визначення доцільності проведення ЕА на об'єкті дослідження необхідно здійснити попереднє отримання інформації, що пов'язана зі споживанням ПЕР на останньому.

Інформація може бути отримана багатьма шляхами, наприклад, через опитувальні листи, що заповнюються уповноваженими працівниками підприємства, попереднє обстеження об'єкта та ін.

На основі зібраних відомостей енергоаудитором здійснюється попередній аналіз стану використання ПЕР і готується попередній звіт про доцільність і напрямки проведення досліджень.

Після обговорення попереднього звіту замовником і виконавцем енергоаудиторських послуг між ними укладається договір, в якому зазначаються заходи з енергозбереження, ефективність яких потрібно детально дослідити.

### 2.1 Попереднє отримання інформації про об'єкт енергетичного аудиту

*На цьому етапі аудиторського дослідження необхідно зафіксувати дані, зібрані на підприємстві, та узгодити з керівником проекту. Підприємство має бути таким, на якому студент зможе отримати доступ до інформації, що пов'язана з енерговикористанням.*

Для кожного студента обсяг даних може відрізнятись. Це пов'язано з тим, що робота з виконання курсового проекту подібна до реального енергоаудиторського дослідження, характерною рисою якого є формування рекомендацій з енергозбереження на основі всіх даних, що спромігся дістати енергоаудитор.

За недостатності зібраних даних, що може бути спричинена обмеженим доступом студента на досліджуване підприємство, дозволяється за узгодженістю з керівником проекту доповнити реальні дані інформацією, що взята на інших підприємствах із схожим технологічним процесом, з літератури, мережі Internet. Необхідно отримати таку кількість інформації, щоб студент в результаті проведення аналізу міг запропонувати не менше 4-х заходів з енергозбереження, які б привели до якомога більшої економії ПЕР на підприємстві. Перелік вихідних даних фіксується у індивідуальному завданні (додаток В), узгоджується і затверджується керівником курсового проекту.

Нижче дано деякі пояснення до інформації про об'єкт обстеження, яку студенту пропонується зібрати для виконання курсового проекту [2–5, 7], а в п. А.1. додатка А наведено приклад попереднього отримання такої інформації.



1. Загальні характеристики систем на підприємстві, які пов'язані з використанням ПЕР.

– Система електропостачання:

- однолінійна схема системи електропостачання з зазначенням параметрів її елементів (трансформаторів, комутаційної апаратури, пристроїв КРП, приладів обліку, ліній живлення...);
- добові графіки активного та реактивного електричного навантаження, коефіцієнта потужності, річні графіки споживання електричної енергії;
- дані документації на контрольно-вимірювальну апаратуру підстанцій.

– Система теплопостачання (котли, системи опалення, системи подачі тепла в технологічних процесах):

- для котлів (дані проектною документації, експлуатаційно-ремонтної документації, параметри режиму, температура води у різних точках, температура повітря, параметри пари, температура зовнішньої поверхні котла, характеристика електроприводів насосів, вентиляторів, димососів...);
- для бойлерів та теплообмінників (дані документації, вхідна та вихідна температури теплоносіїв, витрати і перепади тиску, зовнішня температура поверхні, стан ізоляції, коефіцієнт корисної дії, втрати тепла...);
- для парових систем (дані документації, температура і тиск пари, наявність і стан конденсатовідвідників, стан ізоляції, наявність витоків...).

– Система постачання стисненого повітря (компресорні установки, системи охолодження повітря, електропривід, система обліку стисненого повітря...):

- проектні рішення щодо компресорних станцій;
- схема виробництва і розподілу стисненого повітря та її параметри;
- технічні характеристики основного й допоміжного устаткування;
- техніко-економічні показники роботи та ін.

– Система вентиляції, підігріву повітря та кондиціонування (вентиляційні установки та мережі, теплообмінники, калорифери, кондиціонери, електропривід):

- проектні рішення щодо системи вентиляції;
- параметри температури;
- втрати в елементах системи вентиляції;
- добовий графік роботи;
- розміри приміщень.

– Система водопостачання та каналізації (насоси (помпи), туалети, душові приміщення):

- дані проектних рішень стосовно насосних станцій;
- схема водопостачання і каналізації;
- технічні характеристики основного та допоміжного устаткування;
- техніко-економічні показники роботи системи;
- витоки і непродуктивні втрати;
- наявність і характеристика контрольно-вимірювальних приладів.

– Система холодопостачання (холодильні установки):

- техніко-економічні показники роботи системи;
- експлуатаційно-ремонтна документація;
- схема системи холодопостачання;
- характеристики споживачів холоду.

– Система освітлення:

- вид системи освітлення (загальне чи комбіноване);
- характер зорового навантаження;
- характеристика освітлювальних пристроїв та установок;
- вимоги до захищеності освітлювальних пристроїв;
- характеристика поверхонь приміщення;
- розміри та плани приміщень і ділянок зовнішньої території об'єкта дослідження.

– Інші системи з використанням ПЕР.

2. Історія підприємства.
3. Режим роботи підприємства.
4. Номенклатура та об'єми виробництва продукції.
5. Виробнича потужність підприємства.
6. Фінансовий стан підприємства.
7. Перспективи розвитку підприємства.
8. Кількість працівників.
9. Загальна площа підприємства.
10. Наявність субабонентів.
11. Щорічне споживання ПЕР об'єктом.
12. Існуючі обмеження на споживання енергії.
13. Система тарифів на енергоносії, що їх використовує підприємство.
14. Наявність і характеристика систем обліку та контролю енергоспоживання.
15. Наявність системи енергетичного менеджменту.
16. Інформація про енергетичні аудити підприємства, що були проведені раніше.
17. Інші відомості, які замовник вважає за потрібне повідомити щодо мети, масштабу та терміну проведення ЕА.

Корисними можуть бути набагато більше видів даних, ніж зазначені вище. Головне, щоб вони сприяли ефективному проведенню енергетичного аудиту.

## **2.2 Аналіз попередньо отриманої інформації про об'єкт енергетичного аудиту**

*На цьому етапі аудиторського дослідження необхідно послідовно розглянути всі зібрані дані, які стосуються енергоспоживання на підприємстві. Аналізуючи кожний пункт зібраної інформації потрібно:*

1. Визначити наскільки корисна і достатня отримана інформація для проведення енергетичного аудиту;
2. Запропонувати енергоощадні заходи, що впливають з цієї інформації (висновок з 1-го пункту аналізу);
3. Здійснити попередній аналіз ефективності енергоощадних заходів (тих, що подані в 2-му пункті аналізу);
4. Скласти звіт попереднього енергоаудиторського дослідження.
5. Сформуувати план проведення енергетичного аудиту.

Розглянемо більш детально кожен з цих складових процесу аналізу попередньо отриманої інформації про об'єкт ЕА.

### ***Корисність інформації для проведення енергетичного аудиту***

У підрозділі 2.1 були наведені деякі відомості, які можуть бути зібрані на переддоговірному етапі аудиторського дослідження. Нижче наведені приклади результатів аналізу інформації, що показують, наскільки зібрана інформація є корисною для проведення енергетичного аудиту.

1. Коротка історія підприємства (необхідно для визначення терміну роботи підприємства, етапів розвитку, загальних особливостей виробництва та його змін протягом історії підприємства).

2. Режим роботи підприємства (являє собою інформацію про кількість годин роботи підприємства протягом доби, місяця, року, а також періоди роботи і зупинок, завантажені і незавантажені періоди: необхідно для розрахунку спожитих теплової, електричної енергії та інших показників, що пов'язані з режимом роботи підприємства).

3. Номенклатура та об'єми виробництва продукції (необхідно для розрахунку обсягів використання ПЕР на виробництво одиниці продукції, порівняння з чинними нормами, розроблення нових норм з урахуванням модернізації виробництва).

4. Виробнича потужність підприємства (дозволяє побачити реальну завантаженість технологічного процесу, що вказує на рівень використання ПЕР на виробництво продукції).

5. Фінансовий стан підприємства (дозволяє визначити чи має підприємство кошти для впровадження енергоощадних заходів).

6. Перспективи розвитку підприємства (дозволяє побачити в якій кількості можна вкладати кошти підприємства в заходи з енергозбереження і чи окупляться ці заходи).

7. Кількість працівників (може бути необхідною для оцінювання умов виробництва, в яких працюють працівники, і розроблення енергоощадних заходів з урахуванням кількості працівників, які працюють в кожному виробничому підрозділі).

8. Загальна площа підприємства (необхідна для розрахунків з підвищення ефективності систем освітлення, опалення та ін).

9. Наявність субабонентів (з метою визначення особливостей роботи субабонентів, їх технологічного процесу та частки використання ПЕР субабонентами, визначення їх впливу на ефективність використання ПЕР на підприємстві замовника, а також для розгляду можливості проведення ЕА підприємств субабонентів).

10. Показники споживання ПЕР за останні декілька років:

- добові та річні графіки споживання ПЕР (з них визначаються тенденції споживання цих ресурсів у майбутньому; дані про погодинне споживання електроенергії дозволяють побачити причини збільшення фінансових витрат, пов'язаних з навантаженням в години, коли вона дорожча);
- паливно-енергетичні баланси (дозволяють визначити втрати енергії та палива по підприємству);
- баланси фінансових витрат на споживання енергоносіїв (дозволяють визначити пріоритетність в обстеженні енергоносіїв);
- баланси фінансових витрат за споживану електричну енергію під час використання одноставкового та диференційованого тарифів (дозволяють оцінити ефективність зміщення споживання електроенергії з годин максимуму в інші години).

11. Існуючі обмеження на споживання енергії (дозволяють виявляти можливості впровадження заходів з економії ПЕР, після застосування яких будуть задовольнятися обмеження, що їх має підприємство щодо енерговикористання).

12. Система тарифів на енергоносії, що їх використовує підприємство (дозволяє визначити ефективність переходу на інші системи тарифів).

13. Наявність і характеристика систем обліку та контролю енергоспоживання (дозволяє визначити енергоаудитору можливості додаткового збирання інформації, а також проаналізувати ефективність чинних систем обліку та контролю енергоспоживання і чи сприяють вони проведенню на підприємстві політики енергозбереження (напр. контролю виконання норм використання ПЕР)).

14. Наявність системи енергетичного менеджменту на підприємстві та її робота (дозволяє визначити ефективність чинної системи енергетичного менеджменту, або доцільність впровадження у випадку її відсутності).

15. Інформація про енергетичні аудити підприємства, що були проведені раніше (дозволяє побачити, які сфери використання ПЕР не потребують дослідження, а які ще не вдосконалені).

16. Існуючі на підприємстві виробничі системи, в яких споживаються ПЕР (дозволяє сформувати ефективну послідовність аналізу цих систем для отримання найбільш корисних для підприємства заходів з енергозбереження).

Виявлені виробничі системи, що пов'язані з використанням ПЕР, можна проаналізувати таким чином [3].

1. Розташувати системи в напрямку, починаючи з найенергозатратніших (які характеризуються високими або низькими температурами (у порівнянні з температурою навколишнього середовища), високою інтенсивністю виробництва, високим рівнем споживання води, пари, стисненого повітря, електричної та ін. видів енергії).
2. Поділити системи на підсистеми:
  - а) вироблення енергії (котел, компресор, насоси, електричний двигун або генератор);
  - б) розподілу, перетворення і передачі енергії (трубопроводи, кабельні або повітряні лінії, ремінні передачі);
  - в) навантаження (витрати електроенергії, теплової енергії, енергія стисненого повітря на виробництво якоїсь корисної дії).
3. Здійснити аналіз кожної з підсистем, під час якого визначити неекономні ланки систем і робити відповідні пропозиції, які будуть внесені в попередній звіт енергоаудитора. Доцільно почати розгляд виробничої системи для пошуку можливостей енергозбереження з кінця, тобто з підсистеми навантаження.

Для аналізу можна використати питання, що покажуть заходи з енергозбереження, які можна запропонувати підприємству.

#### *Для підсистеми навантаження*

- Наскільки ефективно використовується навантаження? (Освітлення ввімкнене цілодобово, а потрібне лише 8 годин на добу. (Захід з енергозбереження: організація дбайливого ставлення користувача освітленням до своїх обов'язків; впровадження системи керування).

- Чи можна замінити підсистему навантаження більш вигідною? (Заходи з енергозбереження: заміна ламп розжарювання люмінесцентними; пневмоінструмент може бути замінений інструментом з електроприводом (електроперфоратор); заміна системи водяного опалення на інфрачервоне).

- Чи можна підвищити коефіцієнт корисної дії навантаження (при незмінній продуктивності виробничої системи знизити енергоспоживання)?

(Заходи з енергозбереження: удосконалення теплової ізоляції приміщення, зменшення потоку повітря, яке вентилює робоче приміщення, ліквідація небального ставлення до своїх обов'язків...).

#### *Для підсистеми розподілу, перетворення і передачі енергії*

- Втрати енергії в мережі можуть бути знижені? (Витоки стисненого повітря, втрати тепла з поверхонь трубопроводів, втрати електроенергії в лініях і трансформаторах, незадовільний стан ремінних передач, незадовільне або відсутнє змащування. Заходи з енергозбереження: ущільнення місць витоків, теплоізоляція трубопроводів, компенсація реактивної потужності, заміна зношених ремінних передач новими, здійснити змащування).

#### *Для підсистеми вироблення енергії*

- Потужність системи вироблення енергії порівняна з навантаженням? (Заходи з енергозбереження: відключення трансформаторів, які суттєво недовантажені, застосування декількох компресорів меншої потужності та ввімкнення їх за необхідності.)

- Наскільки добре система обслуговується? (Заходи з енергозбереження: очищення фільтрів, поверхонь теплообмінників, світильників ...)

#### *Інші питання*

- Рівень підготовки керівного і виробничого персоналу. (Захід, що сприяє енергозбереженню: забезпечення підвищення і підтримання на достатньому рівні кваліфікації персоналу.)

- Контроль за роботою допоміжного устаткування. (Захід з енергозбереження: в неробочий час система опалення може працювати в черговому режимі зі значно меншою потужністю, при вимиканні котла або холодильної установки, допоміжні насоси і вентилятори іноді також можуть бути вимкнені.)

- Чи можна повторно використати тепло, що виробляється даною системою? (Захід з енергозбереження: використання тепла компресорів і холодильних установок для систем опалення або гарячого водопостачання.)

*Можливі енергоощадні заходи, що впливають з отриманої інформації (для деяких систем з енерговикористанням) [2, 5, 7]*

#### *Система електропостачання*

- Економія електроенергії в лініях за рахунок:
  - скорочення кількості годин роботи за розрахунковий період;
  - переходу на підвищену напругу.

- Спонування споживачів до використання електроенергії в часи мінімальних навантажень енергосистеми шляхом застосування багатотарифних засобів обліку.
- Використання компенсації реактивної потужності.
- Установлення та введення в роботу пристроїв автоматичного регулювання потужності БСК.
- Відключення недовантажених трансформаторів.
- Заміна трансформаторів на більш оптимальні.
- Встановлення рівня напруги шляхом регулювання коефіцієнтів трансформації.
- Використання симетрування навантаження для зниження втрат електроенергії в елементах системи електропередачі, підвищення симетрії напруг і надійності роботи електроприймачів.
- Ввімкнення резервних ліній електропередач.
- Використання нетрадиційної енергетики.
- Впровадження лічильників технічного обліку спожитої електроенергії.
- Впровадження автоматизованої системи контролю та обліку електроспоживання.
- Використання питомих норм споживання електроенергії як інструмента контролю за ефективністю енерговикористання.

#### *Система теплопостачання*

- Пасивне й активне використання сонячної енергії.
- Використання сонячних колекторів.
- Прокладання нових або капітальний ремонт існуючих теплових мереж з використанням труб з пінополіуретанової чи іншої теплоізоляції, що забезпечує зниження теплових втрат у 2-3 рази.
- Заміна найбільш зношених ділянок теплових мереж, що перебувають в аварійному стані, на труби із заводською теплоізоляцією на основі пінополіуретану.
- Утеплення зовнішніх стінових огорожень будинків з використанням твердих плит, гнучких матів й інших матеріалів, заміна віконних блоків тощо.
- Ущільнення віконних і дверних прорізів.
- Установлення систем утилізації тепла відпрацьованих технологічних вод у промисловому секторі.
- Використання повітряних теплоутилізаторів в системі припливно-витяжної вентиляції.
- Використання інфрачервоних обігрівачів.
- Використання твердопаливних котлів.

В системі теплопостачання варто окремо виділити котли, бойлери, теплообмінники, парові системи.

### *Котли*

- Організація приладового обліку теплової енергії й витрат теплоносія.
- Оптимізація режиму роботи котлів.
- Впровадження оптимальних графіків регулювання витрати й температури теплоносія з використанням засобів автоматизації й контролю.
- Застосування автоматичних регуляторів.
- Теплоізоляція зовнішніх поверхонь.
- Ущільнення клапанів і тракту.
- Забір повітря з приміщень котельні.
- Впровадження безупинного автоматичного продування.
- Утилізація тепла димових газів і продувної води.
- Модернізація електроприводу насосів, вентиляторів і димососів.

### *Бойлери, теплообмінники*

- Промивання теплообмінника.
- Ізоляція трубопроводів і зовнішніх поверхонь.
- Встановлення пластинчатих теплообмінників.

### *Парові системи*

- Децентралізація теплових завіс.
- Децентралізація гарячого водопостачання.
- Покриття ізоляцією трубопроводу.
- Очищення і повернення конденсату у цикл.
- Заміна пари на перегріту воду, якщо дозволяють технологічні умови.
- Поліпшення стану теплової ізоляції вимикальної і регульовальної арматури.
- Використання технологічних процесів із більш високими параметрами пари.
- Більш повне використання температури конденсату у водонагрівачах.
- Оптимізація режиму споживання пари технологічним устаткуванням.
- Вилучення парового опалення цехів.
- Усунення пошкоджень в трубопроводах.
- Усунення витоків.
- Зниження тиску пари.
- Забезпечення повернення конденсату під тиском.



- Впровадження автоматизованої системи керування теплопостачанням.

### *Система освітлення*

- Перехід на джерела світла з підвищеною світловіддачею.
- Підтримання графіків роботи освітлення.
- Використання систем керування освітленням.
- Контроль за справним станом освітлювальної арматури.
- Регулярне миття вікон.
- Рівномірне розподілення освітлювального навантаження.
- Раціональне керування освітленням.
- Використання економних пуско-регулювальних апаратів.
- Підтримання номінальних рівнів напруги в освітлювальній мережі.
- Забезпечення відповідних кольорів стелі, стін і робочих поверхонь для реалізації економної системи освітлення.
- Вчасне чищення ламп та світильників.

### *Система вентиляції*

- Зниження перепаду тиску в системі.
- Зменшення втрат в результаті експлуатаційних дефектів.
- Заміна старих вентиляторів новими, більш економічними.
- Блокування вентиляторів теплових завіс з пристроями відкриття і закриття воріт.
- Скорочення терміну роботи (відключення вентиляційних установок під час обідніх перерв, перезмін і т. п.).
- Підбір двигунів вентиляційних установок відповідно до навантаження.
- Оптимізація регулювання вентиляційного навантаження та вентиляційних установок за рахунок:
  - відключення окремих вентиляторів в агрегатах, що містять декілька вентиляторів;
  - використання багатошвидкісних електродвигунів;
  - використання ремінних приводів з різним діаметром шківів та гідравлічних/індукційних муфт;
  - регулювання за допомогою шибєрів;
  - використання частотних регуляторів на електроприводах;
  - регулювання кута нахилу лопаток робочого колеса вентилятора.
- Впровадження автоматичного керування вентиляційними установками.

## *Системи стисненого повітря*

- Розділення пневмомережі на секції, вимикання непрацюючих секцій за допомогою вентилів.
- Зменшення температури всмоктуваного повітря.
- Зменшення навантаження шляхом відключення пневмоінструмента, що не використовується.
- Оптиміальне розміщення повітрязабору компресорної установки.
- Збільшення діаметра нагнітального трубопроводу.
- Регулярне очищення фільтра всмоктування.
- Використання нових технологічних рішень в елементах систем стисненого повітря.
- Використання явища резонансного надуву поршневих компресорів.
- Заміна використовуваного пневмоінструмента електроінструментом.
- Автоматичне регулювання компресора при зміні навантаження. Уникнення роботи компресорів у напівзавантаженому стані.
- Підвищення ККД компресорів або їх заміна на компресори з більш високими показниками.
- Використання системи відбору теплоти компресорів для потреб опалення.
- Зниження номінального робочого тиску компресорної установки.
- Зменшення тиску в системі розподілення повітря.
- Ліквідація витоків повітря у трубопроводах; підвищення ККД трубопровідної системи.
- Регулювання параметрів стисненого повітря (домішки, вологість).

## *Насосні установки*

- Заміна застарілих малопродуктивних насосів насосами з високим ККД.
- Робота насоса в номінальному режимі.
- Правильний підбір насоса на розрахункові параметри трубопроводів.
- Ліквідація витоків і неощадних витрат води.
- Запровадження зворотного водопостачання.
- Дотримання встановленого графіком перепаду температур між прямою і зворотною мережевою водою.
- Регулювання роботи насосів (подібні способам регулювання вентиляторів).
- Використання поворотно-лопатевих вхідних напрямних апаратів.
- Зменшення коливань динамічної та статичної складових напору.
- Покращення завантаження насосів.
- Зменшення опору трубопроводів.

- Якісний ремонт насосів (точне балансування робочих коліс, свіже ушільнення).

### *Холодильні установки*

- Уникнення навантаження, яке створюється за рахунок охолодження або переохолодження без технологічної необхідності заморожування.
- Зменшення холодильного навантаження шляхом покращення термоізоляції холодильних камер і зменшення їх внутрішньої вентиляції.
- Уникнення відкритих дверей, а також інших витоків в холодильних камерах.
- Зменшення втрат при передачі холоду.
- Автоматичне керування продуктивністю холодильних машин при змінному навантаженні.
- Підвищення рівня температури на холодній стороні і зменшення рівня температури на гарячій стороні.
- Зменшення кількості теплоти, що віддається в холодильній камері насосами, освітленням.
- Уникнення утворення снігової шуби.

### *Зварювальні установки*

- Вдосконалення технології електрозварювання за рахунок:
  - правильного вибору електродів;
  - механізації та автоматизації зварювальних процесів;
  - використання електрошлакового зварювання.
- Заміна ручного дугового зварювання механізованими і автоматизованими способами зварювання.
- Переведення зварювання з постійного на змінний струм.
- Усунення або скорочення холостого ходу зварювальних агрегатів.

### *Електроприводи*

- Оптимізація робочих режимів установок і механізмів за рахунок:
  - узгодження режимів роботи установок при зміні навантаження;
  - підвищення ККД установок;
  - регулювання продуктивності установок;
  - впорядкування графіка навантажень.
- Усунення проміжних передач.
- Вдосконалення процедур вибору двигуна для конкретних установок.

- Перехід на енергозберігаючі електродвигуни.
- Створення спеціальних додаткових технічних засобів підтримання режиму оптимального енергоспоживання.
- Автоматизація технологічного процесу.
- Вибір раціонального типу електроприводу.
- Покращення якості електроенергії (зниження несиметрії та підтримання номінального рівня напруги живлення).

#### *Дугові сталеплавильні печі*

- Зниження електричних втрат за рахунок:
  - забезпечення оптимальної густини струму в елементах вторинного струмопроводу;
  - зменшення опору контакту електрод-електродотримач;
  - зміни схеми короткого кола;
  - економії електроенергії в шинах.
- Вдосконалення підготовки шихти за рахунок:
  - збільшення маси садки;
  - попередньої підготовки шихти;
  - попереднього підігріву шихти.
- Оптимізація електричних і технічних режимів роботи електропечей за рахунок:
  - оптимізації електроплавлення;
  - скорочення простоїв печі;
  - плавлення в печах з кислим футеруванням;
  - використання кисню;
  - застосування установок стабілізації режиму.
- Зниження теплових втрат за рахунок:
  - збільшення стійкості футерування;
  - зниження втрат тепла з охолоджувальною водою;
  - зменшення втрат тепла на випромінювання через вікна і отвори печі.

Приклад аналізу попередньо отриманої інформації про підприємство наведено в п. А.2 додатка А.

**Попередній аналіз** запропонованих заходів з енергозбереження здійснюється на основі:

- методу простого терміну окупності;
- методу експертних оцінок;
- інших методів, що запропоновані в літературі, які відповідають конкретним заходам з енергозбереження.

**Попередній звіт** формується на основі попереднього аналізу ефективності енергоощадних заходів. В ньому вказуються головні результати аналізу попередньо зібраної інформації про об'єкт енергетичного аудиту, які вказують на доцільність більш детальної перевірки ефективності впровадження запропонованих заходів з енергозбереження на підприємстві.

Звіт оформляється так, щоб при його розгляді з замовником енергоаудиторських послуг в останнього виник інтерес до проведення енергетичного аудиту.

Після розгляду попереднього звіту між замовником і виконавцем аудиторських послуг укладається договір, на основі основних положень якого формується **план проведення енергетичного аудиту**, де вказуються напрямки і особливості дослідження.

План проведення ЕА може містити:

- вид енергоаудиту, що буде проводитись (простий чи комплексний);
- попередньо запропоновані найбільш ефективні заходи та послідовність їх техніко-економічного обґрунтування;
- додаткову інформацію, яку треба отримати для вибору найефективніших заходів з енергозбереження.

### **2.3 Поглиблене отримання інформації про об'єкт енергетичного аудиту**

Під час попереднього дослідження до моменту укладання договору енергоаудитори отримують інформацію, що необхідна для формування попередньої оцінки актуальності поглибленого дослідження. Однак, через брак часу, відсутність необхідного доступу на об'єкт, зібраних даних може бути недостатньо для формування обґрунтованого енергоаудиторського висновку з енергоощадними рекомендаціями (оскільки до моменту укладання договору немає дозволу на поглиблене дослідження).

Тому *на цьому етапі аудиторського дослідження необхідно відобразити дані, які не були зібрані під час попереднього отримання інформації про об'єкт ЕА і необхідні для проведення аналізу ефективності використання заходів з енергозбереження, що вказані у плані проведення енергетичного аудиту.*

Існує багато шляхів поглибленого отримання інформації про використання паливно-енергетичних ресурсів на об'єкті дослідження (рис. 2.1). Серед них необхідно виділити два найбільш застосовуваних: використання засобів вимірювання та здійснення оцінювання [3].



Рисунок 2.1 – Шляхи поглибленого отримання інформації про об'єкт дослідження енергоаудитором

Засоби вимірювальної техніки застосовуються у тих випадках, коли є можливість їх приєднання, тобто коли є доступ до мереж протікання енергоносіїв і коли ці засоби наявні у енергоаудитора (деякі вимірювальні системи є досить дорогі для невеликих аудиторських організацій).

У випадку неможливості застосування вимірювальних приладів або з умови, коли даних, що отримані з наявних вимірювальних приладів, недостатньо для надання повної оцінки стану енерговикористання на об'єкті дослідження і, відповідно, формування об'єктивних рекомендацій з енергозбереження, застосовують різні прийоми, алгоритми, методи оцінювання.

Прикладом оцінювання є отримання відомостей про енергоспоживання в результаті аналізу добових, місячних, річних графіків, що отримані після оброблення показів лічильників електроенергії, води, газу..., інших

реєстраторів паливно-енергетичних ресурсів. Отримання таких відомостей полягає у застосуванні математичних методів та моделей оброблення графіків споживання енергоресурсів.

Врешті, експерти з енерговикористання можуть дати висновки і енергоощадні рекомендації з огляду на форму, характер отриманих графіків та діаграм. Наприклад, у випадку аналізу графіка середньодобового споживання електроенергії і за наявності на підприємстві механізму оплати за електроенергію за зонними тарифами, експерт може вказати на таку інформацію, як неефективний розподіл потужностей протягом доби, що призводить до значних фінансових витрат підприємства.

Для поглибленого отримання інформації в багатьох випадках може бути використане непряме вимірювання величин, що характеризують енергоспоживання. Так, для побудови добового графіка споживання електроенергії цехом, у якому відсутній лічильник технічного обліку, енергоаудитор отримує інформацію про значення струму та напруги лінії електропостачання цеху протягом доби, в результаті чого розраховуються обсяги електроенергії для періодів вимірювання. При цьому використовуються вимірювальні системи, реєстратори, вольтметри, амперметри, струмовимірювальні кліщі.

Інформацію для уточнення заходів з енергозбереження можна визначити і з аналізу побудованих паливно-енергетичних балансів, які дають змогу побачити характеристики процесів використання паливно-енергетичних ресурсів на кожній ланці виробничих систем.

Нормування паливно-енергетичних ресурсів є інструментом енергозбереження, оскільки питомі норми енергоспоживання виступають в ролі індикаторів, за якими формується висновок про ефективність чи неефективність використання енергоресурсів на об'єкті енергоаудиторського дослідження. Для визначення норм необхідно провести ґрунтовне дослідження, здійснити комплекс вимірювань та оцінювань, що дозволить адекватно порівняти випуск товарів чи надання послуг із спожитими паливом чи енергією. В результаті отримання реальних норм і їх порівняння із заданими на виробництві значеннями можна сформулювати потрібні аудиторські рекомендації.

При оцінюванні враховують і завантаженість обладнання, яке працює зі змінним режимом, змінною продуктивністю. В такому випадку повний цикл роботи розбивається на частини зі стабільним енергоспоживанням. Загальне споживання енергії визначається як сума значень споживаної енергії, що визначені під час періодів сталого навантаження.

Для усунення або зниження неточностей в поглибленому отриманні інформації про використання паливно-енергетичні ресурсів на об'єкті енергоаудиторського дослідження здійснюється перевірка даних шляхом використання інших методів, консультації з експертами, застосування

моделювання процесу енерговикористання з використанням комп'ютерних програм.

Таким чином, поглиблене отримання інформації є необхідним для більш коректного і результативного процесу проведення енергетичного аудиту.

Приклад поглибленого отримання інформації про об'єкт енергетичного аудиту наведено в п. А.3 додатка А.



## 3 ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

### 3.1 Побудова та аналіз характеристик режимів споживання паливно-енергетичних ресурсів

Режими споживання ПЕР характеризуються графіками зміни споживання цих ресурсів протягом доби, місяця, року..., а також показниками цих графіків: коефіцієнтом форми, завантаження, попиту, використання. Завдяки цим показникам можна побачити наскільки використання ПЕР є економічним і визначити такі показники, як споживана енергія, середня потужність навантаження, добові (місячні, річні) витрати води, газу, мазуту...

*На цьому етапі аудиторського дослідження необхідно, виходячи з отриманих даних про об'єкт енергетичного аудиту, побудувати потрібні графіки використання ПЕР, а також обчислити відповідні їм показники. Далі потрібно здійснити аналіз графіків і показників, який допоможе уточнити напрямок енергозбереження на підприємстві: виявити найбільш важливі заходи з енергозбереження а також, можливо, запропонувати додаткові заходи, що не були запропоновані під час попереднього аналізу отриманої інформації. В додатку А (рис. А.2) наведено приклад діаграми споживання природного газу підприємством. Її аналіз показує доцільність перевірки системи опалення на підприємстві.*

Іншим прикладом є, наприклад, корисність побудови добового графіка споживання активної та реактивної енергії підприємством. Такий графік, після обчислення коефіцієнта його форми, дозволяє більш точно розрахувати втрати енергії в трансформаторах та лініях, по яких передається електрична енергія. В результаті можна знайти ефективність використання установок компенсації реактивної потужності.

Таким чином, характеристики режимів споживання паливно-енергетичних ресурсів дозволяють покращити реалізувати мету проведення ЕА – пропозицію рекомендацій з енергозбереження на основі техніко-економічного аналізу.

Більш детально характеристики режимів розглядаються в літературі, де досліджується конкретний вид ПЕР. Наприклад, показники використання електроенергії, що характеризують графіки споживання потужностей, описані в [8–10].

### **3.2 Складання та аналіз паливно-енергетичних балансів підприємства**

Паливно-енергетичні баланси підприємства являють собою сукупність показників, які характеризують паливно-енергетичні ресурси, що надходять на підприємство, й ті, що використовуються на підприємстві на різних його ланках.

Паливно-енергетичні баланси будуються на основі розрахункових даних або даних оцінювання чи вимірювання обсягів використання ПЕР. Вони є інструментом енергозбереження, оскільки дають можливість наочно побачити величини і пропорції енерговикористання, а, отже, побачити необхідність застосування заходів з енергозбереження на ланках вироблення, розподілу і споживання ПЕР.

*На цьому етапі аудиторського дослідження необхідно побудувати паливно-енергетичні баланси, які можуть бути у вигляді таблиць, графіків, діаграм, що показують напрямки і характеристики використання ПЕР на підприємстві, а також визначити:*

- найбільш енергоємних споживачів підприємства;
- величину втрат енергії при її передачі;
- неефективне використання енергії.

Приклад складеного і проаналізованого ПЕБ наведено в п. А.5 додатка А.

### **3.3 Визначення питомих норм споживання паливно-енергетичних ресурсів**

Для контролю за економним витрачанням ПЕР на виробництві використовуються норми споживання ПЕР. Ці показники є відносними і можуть бути покращені в ході проведення енергоаудиту.

Норми використання ПЕР різняться для різних систем виробництва підприємства. Аудитор після проведених вимірювань розраховує норми і порівнює їх з такими, що використовуються в промисловості.

*На цьому етапі аудиторського дослідження потрібно розрахувати такі норми (ті, що можна розрахувати за наявних вихідних даних):*

1. Індивідуальна (визначається на одиницю продукції для установки, машини, агрегату в конкретних умовах виробництва);
2. Групова середньозважена (визначається на одиницю однойменної продукції для дільниці, цеху, підприємства, галузі).

Ці норми можуть бути:

- технологічні (враховують виробниче споживання ПЕР та їх втрати під час виробництва певного виду продукції);

- загальновиробничі (враховують основне та допоміжне споживання ПЕР, а також втрати останніх під час виробництва певного виду продукції).

Приклад визначення питомих норм використання ПЕР на підприємстві наведено в п. А.6 додатка А.

## **4 РОЗРОБЛЕННЯ І ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЕР**

### **4.1. Техніко-економічний аналіз заходів з підвищення економії ПЕР на об'єкті**

*На цьому етапі виконується перевірка ефективності вжиття енергоощадних заходів, що зазначені в договорі між підприємством-замовником і виконавцем енергоаудиторських послуг.*

Аналіз пропонується здійснювати в такій послідовності.

1. Формування математичних моделей для оцінювання ефективності заходу з енергозбереження.
2. Отримання інформації про параметри, що необхідні для аналізу.
3. Визначення ефективності заходу з енергозбереження.
4. Визначення техніко-економічних показників (терміну окупності та ін.) запропонованого заходу.

В п. 7 додатка А наведено алгоритми перевірки ефективності деяких систем, що пов'язані з використанням ПЕР.

### **4.2 Енергоаудиторський висновок**

Енергоаудиторський висновок є підсумковим етапом дослідження, призначений показати замовнику аудиторських послуг реалії енерговикористання на підприємстві та спрогнозувати майбутнє підприємства за тих чи інших дій замовника.

*На цьому етапі аудиторського дослідження необхідно коротко (1-2 сторінки) відобразити:*

1. Стан енерговикористання до проведення енергетичного аудиту;
2. Рекомендації щодо покращення енергоефективності підприємства;
3. Очікувані результати впровадження енергоаудиторських рекомендацій з енергозбереження.

Метою лаконічно побудованого висновку є переконання замовника в ефективно проведеному дослідженні. Тому головною рисою цього підрозділу є переконливість.

Під час захисту курсового проекту студенти повинні зробити коротку доповідь на основі енергоаудиторського висновку.

### 4.3 Рекомендовані інформаційні джерела

В курсовому проєкті кожний студент досліджує конкретне підприємство, яке відрізняється певною сукупністю систем енерговикористання. Тому для формування рекомендацій з енергозбереження і проведення ефективного аудиторського дослідження студентам, окрім матеріалу, що отриманий під час вивчення дисципліни «Енергетичний аудит», доцільно ознайомитись з досвідом енергозбереження, викладеним в різних інформаційних джерелах. Перелік деяких інформаційних джерел для різних систем енерговикористання [11] подано нижче.

#### *Насоси, компресори, вентилятори, димососи*

1. Справочник. Повышение энергоэффективности и модернизация вентиляционных систем / Киев, 2001. – 168 с.
2. Свешников В. К. Гидрооборудование : международный справочник / Свешников В. К. – Книга 1. Насосы и гидродвигатели: номенклатура, параметры, размеры, взаимозаменяемость. – М. : Издательский центр «Техинформ» МАИ, 2001. – 360 с.
3. Чебаевский В. Ф. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок / В. Ф. Чебаевский, К. П. Вишневський, Н. Н. Накладов. – М. : Колос, 2000. – 376 с.
4. Фетисов В. Д. Проектирование и расчёт систем водоснабжения сельского населенного пункта : учебное пособие / В. Д. Фетисов, И. В. Завгородняя. – Краснодар, 2004. – 112 с.
5. Лепёшкин А. В. Гидравлические и пневматические системы : учебник для сред. проф. образования / А. В. Лепёшкин, А. А. Михайлин ; под ред. Ю. А. Беленкова. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.
6. Насосы [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ekvives.com/products/pumps/> (дата звернення 26.11.2012). — Назва з екрана.
7. Обзор пищевых насосов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.agrovodcom.ru/info\\_pishev\\_pump.php](http://www.agrovodcom.ru/info_pishev_pump.php) (дата звернення 26.11.2012). — Назва з екрана.
8. Энергосбережение и насосы [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://esco-ecosys.narod.ru/sections/sec04.htm#13> (дата звернення 26.11.2012). — Назва з екрана.
9. Соколовський О. Ф. Визначення межі енергозберігаючих властивостей інтерактивного керування в насосних установках / О. Ф. Соколовський // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика»

- науково-виробничого журналу. – Кременчук : КрНУ, 2012. – Вип. 3/2012 (19). – С. 239–241.
10. Водяницька Н. І. Поршневі компресори : навчальний посібник / Н. І. Водяницька. – Одеса : Одеська державна академія холоду, 2006. – 82 с.
  11. Пластинин П. И. Поршневые компрессоры. Том I. Теория и расчёт / П. И. Пластинин. – М. : КолосС, 2006. – 456 с.
  12. Холодоснабжение [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://escosys.narod.ru/sections/sec06.htm#16> (дата звернення 26.11.2012). — Назва з екрана.
  13. Гримитлин А. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий : учебное пособие / Гримитлин А. М., Иванов О. П., Пухкал В. А. – СПб. : Издательство «АВОК Северо-Запад», 2006. – 203 с.
  14. Стефанов Е. В. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Е. В. Стефанов. – СПб. : Издательство «АВОК Северо-Запад», 2005. – 399 с.
  15. Энергосбережение и электропривод – дымососы [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://powergroup.com.ua/energoberezhenie\\_i\\_elektroprivod\\_dimososi](http://powergroup.com.ua/energoberezhenie_i_elektroprivod_dimososi) (дата звернення 30.11.2012). — Назва з екрана.
  16. Промышленные дымососы, промышленные вентиляторы и воздушные завесы Savio [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ett.kiev.ua/dymosoty-i-ventilyatory-savio/> (дата звернення 30.11.2012). — Назва з екрана.

### *Конвеєри*

1. Удовицький О. М. Особливості використання конвеєрів у лісовій та деревообробній промисловості / О. М. Удовицький // Науковий вісник НЛТУ України : збірник науково-технічних праць. – Львів : НЛТУ України, 2006. – Вип. 16.1. – С. 130–134.
2. Иванов В. М. Стрічкові конвеєри. Огляд конструкцій, проектування і безпечна експлуатація : навчальний посібник / В. М. Иванов. – Х. : Форт, 2007. – 96 с.
3. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підйимальних і транспортувальних машин : підручник / [Бондарев В. С., Дубинець О. І., Колісник М. П. та ін.]. – К. : Вища школа, 2009. – 734 с.
4. Преобразователи частоты VACON NX для привода конвейеров [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ruselkom.info/pages/example/konveera.pdf> / (дата звернення 01.12.2012). — Назва з екрана.

## *Електротермічні установки*

1. Соловей О. І. Промислові електротехнологічні установки / О. І. Соловей. – К. : Кондор, 2009. – 172 с.
2. Прокопенко В. В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями : навчальний посібник / Прокопенко В. В., Закладний О. М., Кульбачний П. В. – К. : Освіта України, 2009. – 438 с.
3. Автоматизація потужних електротермічних установок [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://science.lp.edu.ua/node/49> / (дата звернення 01.12.2012). — Назва з екрана.
4. Обеспечение конкурентоспособности СВЧ электротермических установок и мероприятия по ее повышению на стадии проектирования и эксплуатации [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.dissercat.com/content/obespechenie-konkurentosposobnosti-svch-elektrotermicheskikh-ustanovok-i-meropriyatiya-po-e-0> / (дата звернення 01.12.2012). — Назва з екрана.
5. Электротехнологии и энергосбережение в сельском хозяйстве. Методические указания и задания для выполнения курсовой работы [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.stgau.ru/comprany/personal/user/7325/files/lib/электротехнологии и энерго сбережение \(для заочников\)/методические указания по выполнению курсовой работы.pdf](http://www.stgau.ru/comprany/personal/user/7325/files/lib/электротехнологии%20и%20энерго%20сбережение%20(для%20заочников)/методические%20указания%20по%20выполнению%20курсовой%20работы.pdf) / (дата звернення 01.12.2012).— Назва з екрана.
6. Бялобржеський О. В. Энергозбереження в електротехнологічних установках та пристроях з електричними накопичувачами енергії / О. В. Бялобржеський // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук, 2009. – Випуск 3/2009 (56). Частина 1. – С. 141–145.
7. Бар В. И. Электротехнические установки и их источники питания : учебное пособие / В. И. Бар. – Тольятти : ТГУ, 2002. – 95 с.
8. Энергозбереження в дугових електропечах [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.patriot-nrg.ua/ukr/savings/view/17> / (дата звернення 02.12.2012). — Назва з екрана.
9. Энергозбереження в індукційних печах [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.patriot-nrg.ua/ukr/savings/view/31> / (дата звернення 02.12.2012). — Назва з екрана.

## *Освітлювальні установки*

1. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Знак, 2006. – 972 с.
2. Мокін Б. І. Вплив несиметрії режиму на роботу освітлювальних установок зовнішнього освітлення та шляхи зменшення втрат активної

- потужності від протікання струмів несиметрії / Б. І. Мокін, В. А. Барчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 2. – С. 154–158.
3. Економія електроенергії в освітлювальних установках [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.patriot-nrg.ua/ukr/savings/view/13> / (дата звернення 02.12.2012). — Назва з екрана.
  4. Енергозбереження в системах освітлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://esco-ecosys.narod.ru/2005\\_5/art15.htm](http://esco-ecosys.narod.ru/2005_5/art15.htm) / (дата звернення 02.12.2012). — Назва з екрана.
  5. Справочник. Светодиодное освещение. Принципы работы, преимущества и области применения / Philips Solid-State Lighting Solution Inc, 2010. – 147 с.
  6. Шеховцов В. П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов / В. П. Шеховцов. – М. : Форум, 2009. – 160 с.
  7. Энергосбережение в системах освещения [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://900501.ucoz.ru/\\_ld/1/108\\_\\_\\_\\_\\_.pdf](http://900501.ucoz.ru/_ld/1/108_____.pdf) / (дата звернення 02.12.2012). — Назва з екрана.
  8. Энергосбережение в освещении [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.esco-ecosys.narod.ru/subjects/es\\_light.htm](http://www.esco-ecosys.narod.ru/subjects/es_light.htm) / (дата звернення 02.12.2012). — Назва з екрана.
  9. Проблема энергосбережения в осветительных установках [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.energsovet.ru/stat707.html> / (дата звернення 02.12.2012). — Назва з екрана.
  10. Энергоаудит осветительных установок [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://altenergy.org.ua/energoaudit-osvetitelnyx-ustanovok.html> / (дата звернення 02.12.2012). — Назва з екрана.
  11. Энергосбережение в освещении / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Знак, 1999. – 264 с.
  12. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. – К. : Мінрегіон України, 2012. – 34 с.

### *Допоміжна література*

1. Демов О. Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах : навч. посіб. / О. Д. Демов. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 95 с.
2. Рогальський Б. С. Контроль електроспоживання гірничих машин і технологічних властивостей гірських порід : монографія / Б. С. Рогальський, Ю. П. Войтюк. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 80 с.
3. Рогальський Б. С. Компенсація реактивної потужності. Методи розрахунку, способи та технічні засоби управління : навчальний посібник / Б. С. Рогальський. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 236 с.

4. Зеркалов Д. В. Правова основа енергозбереження. Довідник / Д. В. Зеркалов. – К. : КНТ, 2007. – 400 с.
5. Енергозбереження – актуальна проблема сучасності. Рекомендаційний показник літератури [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://library.zntu.edu.ua/bibliograf\\_pokaz/energozber.pdf](http://library.zntu.edu.ua/bibliograf_pokaz/energozber.pdf) / (дата звернення 05.12.2012). — Назва з екрана.
6. Ратушняк Г. С. Енергозбереження та експлуатація систем тепlopостачання : навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 120 с.
7. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії / О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлів ; під редакцією доктора технічних наук, професора Вінцентія Лютко. – Івано-Франківськ : Полум'я, 2000. – 270 с.
8. Фокин В. М. Основы энергосбережения и энергоаудита / В. М. Фокин. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 256 с.
9. Энергосбережение электропривод [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://powergroup.com.ua/energoberegenie\\_electroprivod/](http://powergroup.com.ua/energoberegenie_electroprivod/) (дата звернення 12.12.2012). — Назва з екрана
10. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии : руководство для практических расчётов / Ю. С. Железко. – М. : ЭНАС, 2009. – 456 с.
11. Воротницкий В. Э. Расчёт, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях : учебно-методическое пособие / В. Э. Воротницкий, М. А. Калинкина. – М. : ИПКГосслужбы, 2003. – 64 с.
12. Азаров В. С. Передача и распределение электроэнергии в примерах и решениях : учебное пособие / В. С. Азаров. – М. : Изд-во МГОУ, 2005. – 215 с.

### *Основні періодичні видання*

1. ЭСКО Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://esco-ecosys.narod.ru/journal/journal39.htm> (дата звернення 01.09.2012). — Назва з екрана.
2. Энергетика і автоматика Електронне наукове фахове видання [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/eia/index.html> (дата звернення 22.11.2012). — Назва з екрана.
3. «Електромеханічні і енергозберігаючі системи» Науково-виробничий журнал [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nbuu.gov.ua/portal/natural/Ees/index.html> (дата звернення 23.02.2013). — Назва з екрана.



4. «Електротехніка і електромеханіка» Науково-практичний журнал [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Eie/index.html> (дата звернення 23.02.2013). — Назва з екрана.
5. «Електротехніка та електроенергетика» Науковий журнал [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/ete/index.html> (дата звернення 23.02.2013). — Назва з екрана.
6. Сайт журналу «Електротехнічні та комп'ютерні системи» Одеський національний політехнічний університет [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.etks.opu.ua/ua> (дата звернення 23.02.2013). — Назва з екрана.
7. «Енергетика: економіка, технології, екологія» Науковий журнал [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://energy.iee.kpi.ua/> (дата звернення 23.02.2013). — Назва з екрана.
8. «Енергетика та електрифікація» Науковий журнал [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Entel/index.html> (дата звернення 23.02.2013). — Назва з екрана.
9. «Энергосбережение•Энергетика•Энергоаудит» Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eee-journal.com.ua/> (дата звернення 23.02.2013). — Назва з екрана.
10. «Энергосбережение» Специализированный журнал [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.abok.ru/pages.php?block=en\\_mag](http://www.abok.ru/pages.php?block=en_mag) (дата звернення 23.02.2013). — Назва з екрана.
11. «Электропанорама» Електротехнічний журнал [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.elektropanorama.com.ua/ua/> (дата звернення 23.02.2013). — Назва з екрана.
12. «Энергоэффективность и энергосбережение» Журнал [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.energeff.ru/> (дата звернення 23.02.2013). — Назва з екрана.

та інші.

**УКРАЇНСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК НАЙБІЛЬШ  
ВЖИВАНИХ ТЕРМІНІВ**

Енергетичний аудит	Energy audit
Заходи з енергозбереження	Energy saving measures
Компенсація реактивної потужності	Reactive power compensation
Паливно-енергетичні ресурси	Fuel and energy resources
Паливно-енергетичний баланс	Fuel and energy balance
Техніко-економічне обґрунтування	Feasibility study
Енергоаудиторський висновок	Energy auditor conclusion
Опитувальний лист	Questionnaire
Система електропостачання	Power supply system
Графік навантаження	Load schedule
Засіб вимірювання	Measuring device
Система теплопостачання	Heat supply system
Котел	Boiler
Обігрівач	Heater
Система постачання стисненого повітря	System of supply of oblate air
Компресор	Compressor
Система вентиляції та кондиціювання	Cooling and conditioning system
Система водопостачання	Water-supply system
Система освітлення	Lighting system
Споживач	Consumer
Тариф	Rate
Коефіцієнт завантаження	Duty ratio
Коефіцієнт форми	Form coefficient
Термін окупності	Payback period

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про енергозбереження» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр> (дата звернення 12.12.2012). — Назва з екрана.
2. Енергетичний аудит : Навчальний посібник / [Соловей О. І., Розен В. П., Лега Ю. Г. та ін.]. – Черкаси : ЧДТУ, 2005. – 299 с.
3. Прокопенко В. В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями : навчальний посібник / Прокопенко В. В., Закладний О. М., Кульбачний П. В. – К. : Освіта України, 2009. – 438 с.
4. Демов О. Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах : навчальний посібник / О. Д. Демов. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 95 с.
5. Енергоаудит у житлово-комунальному господарстві / [Лебедев М. М., Розен В. П., Соловей О. І., Третьяков І. М. та ін.] ; Під заг. ред. І. М. Третьякова. – К. : Автограф, 2006. – 60 с.
6. Лисенко Г. Л. Методичні вказівки до оформлення курсових проєктів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертах. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 60 с.
7. Програма курсу: блок "Енергозбереження в промисловості" [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.is.svitonline.com/sukhodolya/students/galyz1.htm> (дата звернення 12.12.2012). — Назва з екрана.
8. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. Й. Бурбело. – Вінниця : ВНТУ, 2005. – 148 с.
9. Гольстрем В. А., Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов / В. А. Гольстрем, Ю. Л. Кузнецов. – К. : Техніка, 1985. – 383 с.
10. Справочник по проектированию электроснабжения ; под ред. Ю. Г. Барыбина и др. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
11. Навчально-методична література [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.is.svitonline.com/sukhodolya/students/liter.htm> (дата звернення 12.12.2012). — Назва з екрана.
12. Методика розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії між енергопостачальною організацією та її споживачами [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0619-97> (дата звернення 12.12.2012). — Назва з екрана.
13. Методичні рекомендації «Санітарно-гігієнічні вимоги щодо використання систем променевого опалення в виробничих приміщеннях» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://document.ua/pro-zatverdzhennja-metodichnih-rekomendacii->

sanitarno-gigien-doc17891.html (дата звернення 12.12.2012). — Назва з екрана.

14. Інфрачервоні обігрівачі [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.desa.net.ua/infrachervoni-obigrivachi.html> (дата звернення 12.12.2012). — Назва з екрана.

## Приклад проведення енергетичного аудиту підприємства

### А.1 Попереднє отримання інформації про об'єкт енергетичного аудиту підприємства

Підприємство «Теплоелектросервіс», яке займається енергетичним аудитом підприємств, а також встановленням, налагоджуванням й обслуговуванням обладнання споживачів теплової та електричної енергії, отримало по електронній пошті листа від машинобудівного підприємства ВАТ «Машинобудівний завод» з пропозицією провести на комерційній основі енергетичне обстеження з метою винайдення джерел економії ПЕР.

Після проведеного попереднього обстеження об'єкта дослідження отримано дані, наведені нижче.

#### *Отримана інформація після попереднього обстеження*

##### *1. Галузь промисловості, у якій працює підприємство*

Підприємство ВАТ «Машинобудівний завод» належить до машинобудівної промисловості і є сучасним підприємством, найбільшим у своїй галузі на території Вінницької області.

##### *2. Юридична адреса замовника та контактна інформація*

вул. Коцюбинського 4,  
м. Вінниця,  
Україна, 21000,  
т. (0123) 45-67-89  
ф. (0123) 45-67-89  
e-mail: mashzavod@vn.ua

##### *3. Форма власності підприємства*

Підприємство є приватною власністю.

##### *4. Коротка історія підприємства*

Машинобудівне підприємство «Машинобудівний завод» створено в 1960 році. Розташовано в східній частині міста Вінниця. Територія підприємства розташовується на одній промислово-виробничій площі. Тривалий час завод спеціалізувався на виготовленні насосів і гідроциліндрів для тракторів та зернозбиральних комбайнів. З 2003 року на базі заводу було створене відкрите акціонерне товариство.

На теперішній час завод випускає насоси, редуктори для промислових і сільськогосподарських механізмів, а також різноманітний асортимент товарів народного споживання.

### 5. Загальні характеристики систем підприємства, які пов'язані з використанням ПЕР

На підприємстві діють такі системи: система електропостачання, система теплопостачання, система постачання стисненого повітря, система вентиляції, підігріву повітря та кондиціонування, система водопостачання та каналізації, система освітлення.

#### Система електропостачання

До системи електропостачання належать лінії електропередач (повітряні і кабельні), дві двотрансформаторні цехові підстанції, з трансформаторами потужністю 1000 кВА. Система компенсації реактивної потужності та контроль за використанням встановленої потужності відсутні.

#### Відомості про електричні навантаження підприємства

До споживачів електроенергії машинобудівного заводу належать 14 об'єктів, серед яких виробничі та адміністративні будівлі, а також житлові будинки. План розташування споруд підприємства зображено на рис. А.1, а значення встановлених потужностей об'єктів електроспоживання підприємства наведено в табл. А.1.

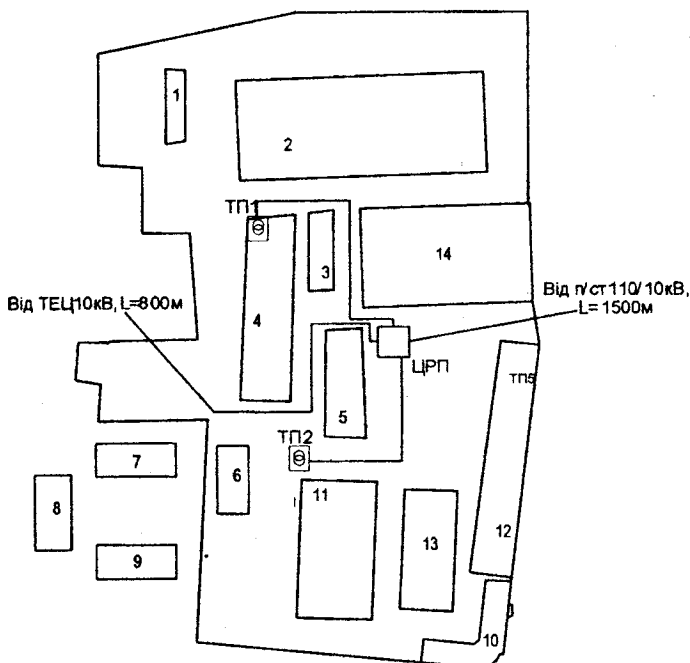


Рисунок А.1 – Генеральний план підприємства

Підприємство живиться електроенергією напругою 10 кВ від районної підстанції 110/10 кВ повітряною лінією електропередач, довжиною 500 м, а також резервною кабельною лінією від ТЕЦ сусіднього підприємства, довжиною 800 м.

Таблиця А.1 – Встановлені потужності об'єктів електроспоживання підприємства

№	Найменування об'єкта	$P_{вст}$ , кВт
1	Механоскладальний цех № 1	415
2	Механоскладальний цех № 2	423
3	Механоскладальний цех № 3	430
4	Механоскладальний цех № 4	250
5	Компресорна станція	218
6	Котельня	225
7	Житловий будинок №1	180
8	Житловий будинок №2	213
9	Житловий будинок №3	188
10	Адміністративна будівля	125
11	Ливарний цех	180
12	Механічний цех	188
13	Ремонтно-механічний	75
14	Складське приміщення	68
	Всього	3178

Аналіз найбільш завантажених змін, виходячи з показів вимірювальних приладів, показав, що найбільші із середніх півгодинних активна та реактивна потужності підприємства складають, відповідно  $P_{макс} = 2820$  кВт,  $Q_{макс} = 2115$  квар.

В табл. А.2 наведено опис основних електроприймачів об'єктів електроспоживання підприємства.

Таблиця А.2 – Електроприймачі підприємства

№	Найменування об'єкта	Найменування електроприймачів
1	2	3
1-4	Механоскладальні цехи № 1-4	Фрезерувальні верстати, токарні верстати, свердлильні верстати, заточувальні верстати, листозгинальні машини, шліфувальні верстати, полірувальні верстати, зварювальні установки, освітлення, вентилятори.
5	Компресорна станція	Компресори, освітлення.

Продовження таблиці А.2 – Електроприймачі підприємства

1	2	3
6	Котельня	Насоси, система автоматизації освітлення.
7-9	Житлові будинки №1-3	Освітлення, побутові електроприймачі.
10	Адміністративна будівля	Побутова техніка, офісна техніка, освітлення, електроплити, вентилятори.
11	Ливарний цех	Ливарні машини; електротермічні печі; плавильні електропечі; сушильні шафи; індукційні електропечі; кран-балки; вентилятори.
12	Механічний цех	Фрезерувальні верстати, токарні верстати, свердлильні верстати, заточувальні верстати, зварювальні установки, освітлення, вентилятори.
13	Ремонтно-механічний	Шліфувальні верстати, поперечно-стругальні верстати, універсально-заточувальні верстати, фрезерувальні верстати, токарні верстати, гальванічні ванни, гідравлічні преси, свердлильні верстати, кран-балка, вентилятори, освітлення.
14	Складське приміщення	Кран-балка; вентилятори, освітлення.

**Система теплопостачання (опалення)**

Система теплопостачання являє собою котельню з газовими котлами для виробництва теплової енергії, в основному для опалення виробничих і житлових приміщень. Тепло віддається в приміщення через конвективний теплообмін за допомогою чавунних секційних радіаторів опалення. Трубопроводи гарячого водопостачання виконані із сталевих ізольованих труб. Термін їх роботи 25 років.

**Система освітлення**

Система освітлення не виробничих приміщень характеризується значною кількістю ламп розжарювання. В промислових і складських приміщеннях використовуються люмінесцентні лампи, лампи ДРЛ та лампи розжарювання.



### **Система водопостачання**

Вода подається на підприємство від міської водопровідної мережі. Облік води здійснюється за допомогою лічильника COSMOS WPD DN 100.

### **Система постачання стисненого повітря**

Представлена 10 компресорними установками, потужністю від 5,5 до 15 кВт.

### **Система вентиляції, підігріву повітря та кондиціонування**

Представлена вентиляційними установками і кондиціонерами загальною кількістю 25 шт., потужністю від 1,5 до 4 кВт.

### **6. Режим роботи підприємства**

Підприємство працює в дві зміни. Перша зміна з 8.00 до 17.00. Друга зміна з 17.00 до 02.00. Перерви відбуваються з 12.00 до 13.00 та з 21.00 до 22.00. Кількість робочих днів в рік – 250.

### **7. Номенклатура та об'єми виробництва продукції**

Обсяги виробництва основної продукції наведені в табл. А.3.

Таблиця А.3 – Обсяги виробництва

Найменування продукції	Вартість, кількість	Обсяги виробництва		
		2010 р.	2011 р.	2012 р.
Редуктори	млн. грн.	6,0	6,2	6,5
	тис. шт.	2	2,5	2,8
Насоси	млн. грн.	4,5	5,0	6,3
	тис. шт.	3,5	4,0	4,30

### **8. Фінансовий стан підприємства**

Підприємство не має заборгованості з зарплати та за енергоносії. Підприємство активно працює над розширенням ринку збуту.

### **9. Кількість працівників**

Середньоспискова чисельність працівників підприємства – 1000 осіб.

### **10. Щорічне споживання ПЕР об'єктом та його структурними одиницями**

На підприємстві ВАТ «Машинобудівний завод» використовуються вода, електроенергія та природний газ. Дані про використання вказаних ПЕР подано в табл. А.4 та А.5.

Таблиця А.4 – Загальне споживання енергоносіїв та їх вартість за даними на 2010 р.

Енергоносіїв	Річне споживання	Річні витрати, грн.
Активна електроенергія	3000 тис. кВт·год.	3000000
Реактивна електроенергія	2250 тис. квар·год.	60000
Природний газ	600 тис. м <sup>3</sup>	1320000
Вода	30 тис. м <sup>3</sup>	60000

Таблиця А.5 – Дані про щомісячне споживання електроенергії та природного газу підприємством за 2011 р.

Місяць	Споживання активної електроенергії, тис. кВт·год.	Споживання реактивної електроенергії, тис. квар·год.	Споживання газу, тис. м <sup>3</sup>
Січень	327	245	183
Лютий	360	270	140
Березень	429	322	93
Квітень	396	297	7
Травень	194	146	9
Червень	172	129	5
Липень	150	113	9
Серпень	161	121	6
Вересень	152	114	9
Жовтень	130	98	6
Листопад	227	170	53
Грудень	302	227	80
Разом	3000	2252	600

1. Система тарифів на енергоносії, що їх використовує підприємство, та існуючі обмеження на споживання енергії

Підприємство ВАТ «Машинобудівний завод» сплачує за природний газ за ціною 2200 грн./1000 м<sup>3</sup>.

Тариф на водопостачання – 8,23 грн./м<sup>3</sup>, на водовідведення – 6,59 грн./м<sup>3</sup>.

За активну електроенергію проводиться розрахунок за тризонним тарифом, диференційованим за періодами часу. Роздрібний тариф на електроенергію, значення якого буде множитись на відповідні коефіцієнти

в залежності від періоду, складає 1 грн./кВт·год. Характеристики диференційованого тарифу наведено в табл. А.6.

Вказані тарифи встановлено згідно з Умовами та Правилами здійснення підприємницької діяльності з постачання електричної енергії за регульованим тарифом, затвердженими Постановою НКРЕ України від 13.06.1996 року № 15/1 та Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики від 25.05.2012 року № 671.

На підприємстві реалізовано облік перетоків реактивної електроенергії між енергопостачальною організацією та споживачем. Розрахунок за реактивну електроенергію встановлюється відповідно до методики розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії між енергопостачальною організацією та її споживачами [12].

Таблиця А.6 – Показники диференційованого тарифу

Період часу	нічний	напівпіковий	піковий
Тарифні коефіцієнти	0,35	1,02	1,68
Тривалість періоду, год.	8 – 9	9 – 10	6
Січень, лютий, листопад, грудень	23.00 – 8.00	10.00 – 17.00; 21.00 – 23.00	8.00-10.00; 17.00-21.00
Березень, квітень, вересень, жовтень	23.00 – 8.00	10.00 – 18.00; 22.00 – 23.00	8.00-10.00; 18.00-22.00
Травень, червень, липень, серпень	24.00 – 8.00	11.00 – 20.00; 23.00 – 24.00	8.00-11.00; 20.00-23.00

#### 12. Наявність і характеристика систем обліку та контролю енергоспоживання

Система комерційного обліку електроенергії представлена електронним трифазним лічильником обліку активної та реактивної енергії СЕ 304, який приєднаний через трансформатори напруги та струму до шин центрального розподільного пристрою підприємства з напругою 10 кВ. Аналогічні лічильники приєднані до шин РП високої напруги двох заводських ТП для здійснення технічного обліку.

Призначення лічильника СЕ 304: для вимірювання активної і реактивної електричної енергії, активної і реактивної потужності, частоти напруги, коефіцієнта потужності, кутів між векторами фазних напруг і струмів, середньоквадратичного значення напруги, струму у трифазних мережах.

На ввіді в кожну споруду встановлено аналогові лічильники технічного обліку активної і реактивної енергії, відповідно, СА4У та СР4У-И673М.

*13. Інформація про енергетичні аудити підприємства, що були проведені раніше*

Енергетичні аудити на підприємстві раніше не проводились.

Замовник пропонує виконавцю розробити план проведення дослідження, подати для обговорення та затвердження. Для допомоги в обстеженні підприємства замовник дозволяє залучати весь склад персоналу відділу головного енергетика.

## **A.2 Аналіз попередньо отриманої інформації про підприємство**

### *Аналіз корисності інформації для проведення енергетичного аудиту*

1. На заводі виготовляється 2 основних види виробів, що дозволяє, знаючи їх кількість, розрахувати норми використання ПЕР і порівняти з аналогічними нормами на інших заводах, а також визначити можливість покращення норм після реалізації енергоощадних заходів.

2. На підприємстві діє диференційований тариф оплати за електроенергії. Отримана інформація дозволяє визначити ефективність корегування добового графіка навантаження підприємства, а також визначити ефективність переходу на інші види тарифів.

3. Системи обліку та контролю енергоспоживання стосовно електроенергії характеризуються лише лічильниками активної та реактивної енергії на ввіді ЦРП підприємства. Лічильники технічного обліку відсутні. Таким чином, є можливість дослідження доцільності впровадження додаткових засобів контролю та обліку енергоносіїв для контролю за виконанням норм використання ПЕР і для виявлення об'єктів з неефективним використанням ПЕР. Впровадження таких засобів, в свою чергу, зумовить перевірку необхідності впровадження системи енергетичного менеджменту на підприємстві, яка на даний момент на підприємстві відсутня. Існуючі лічильники активної та реактивної енергії є аналоговими, тому виникає необхідність дослідження впливу їх точності на витрати підприємства за електроенергію, а також дослідження перевірки доцільності встановлення електронних лічильників, які відомі своїми перевагами щодо кількості та якості вимірюваної інформації.

4. Відсутність контролю за ефективністю використання встановлених потужностей обладнання вказує на необхідність перевірки доцільності впровадження приладового контролю з метою досягнення економії ПЕР на підприємстві.

5. Аналіз систем з використанням ПЕР.

На підприємстві можна виділити такі основні системи (розташовуючи в напрямку від найбільш до найменш енергоємних): електропостачання, опалення, освітлення.

Піділ систем на підсистеми (з зазначенням результатів аналізу).

#### *Система електропостачання*

- Підсистема вироблення енергії: трансформатор (зниження втрат електроенергії за умов використання КРП).
- Підсистема розподілу, перетворення і передачі енергії: лінії електропередач (зниження втрат в лініях після КРП).
- Підсистема навантаження: електроприводи виробничих машин (зниження споживання реактивної енергії внаслідок КРП, визначення коефіцієнтів завантаження та оптимізація завантаження електроприводів).

#### *Система опалення*

- Підсистема вироблення енергії: котел (утилізація тепла димових газів, використання частотних перетворювачів для живлення циркуляційних насосів).
- Підсистема розподілу, перетворення і передачі енергії: трубопроводи (термоізоляція трубопроводів).
- Підсистема навантаження: радіатори (перевірка ефективності заміни водяної системи опалення приміщень, особливо з великими площами, на інші системи, напр. інфрачервоні обігрівачі).

#### *Система освітлення*

- Підсистема вироблення енергії: трансформатор (зниження втрат електроенергії за умов використання КРП).
- Підсистема розподілу, перетворення і передачі енергії: лінії електропередач (рівномірне розподілення світильників між фазами).
- Підсистема навантаження: світильники з лампами розжарювання (в адміністративному корпусі, сходових клітинах житлових будинків та деяких інших місцях підприємства) і дуговими ртутними лампами (в складському приміщенні, в системі зовнішнього освітлення) (перевірка ефективності реалізації систем освітлення з іншими типами ламп).

#### ***Можливі заходи з енергозбереження***

Виходячи з аналізу попередньої інформації підприємству запропоновано перевірити ефективність застосування нижчезазначених заходів з енергозбереження.

1. Перевірка ефективності впровадження установок КРП.
2. Перевірка ефективності заміни ртутних ламп на натрієві в системі зовнішнього освітлення, а також ламп розжарювання на люмінесцентні в адміністративному корпусі та на сходових клітинах житлових будинків.

3. Перевірка ефективності заміни системи водяного опалення в цехах з великими площами і невеликою кількістю виробничого персоналу на систему інфрачервоного опалення.

4. Перевірка ефективності встановлення частотних перетворювачів напруги для електропостачання двигунів циркуляційних насосів котельні, оскільки на момент перевірки встановлено, що продуктивність насосів регулюється за допомогою засувки.

### *Попередній аналіз запропонованих заходів з енергозбереження*

1. Підприємство споживає реактивну енергію обсягом  $W_p = 2250$  тис. квар.год., за яку сплачує  $C = 60000$  грн.

Виходячи з того, що експериментально отримане значення максимальної півгодинної реактивної потужності підприємства складає 2115 квар, то, за необхідності максимальної КРП, доцільно встановити компенсвальну установку такої ж потужності. Орієнтовна вартість установки КРП, потужністю 2100 квар, враховуючи витрати на введення в експлуатацію, складає  $B_{КУ} = 285$  тис. грн. В такому випадку, простий термін окупності компенсаційної установки складе

$$T = \frac{B_{КУ}}{C} = \frac{285000}{60000} = 4,75 \text{ року.}$$

А оскільки облік електроенергії відбувається зі сторони високої напруги на ЦРП і при використанні КРП не тільки знижується оплата за спожиту реактивну енергію, а також за втрати активної енергії в лініях та трансформаторах, то термін окупності установки КРП повинен бути ще нижчим.

Таким чином, компенсація реактивної потужності на підприємстві є актуальною і проведення її більш точного техніко-економічного обґрунтування є доцільним.

2. Результат опитування експертів і багато техніко-економічних розрахунків показують ефективність використання люмінесцентних ламп замість ламп розжарювання. Тому необхідно провести техніко-економічне обґрунтування системи освітлення, зокрема перевірку ефективності заміни ламп розжарення в адміністративному корпусі та на сходових клітинах житлових будинків на люмінесцентні. Також доцільно провести перевірку ефективності заміни ламп ДРЛ на натрієві, що є більш економічними.

3. В цехах з великими площами і невеликою кількістю виробничого персоналу значна площа обігривається неефективно системою водяного опалення. Поради експертів вказують на доцільність в таких випадках встановлювати системи локального обігріву, наприклад інфрачервоні обігрівачі.

4. Статистика показує, що використання частотних перетворювачів для регулювання швидкості електроприводів насосів систем опалення порівняно з використанням засувок веде до значної економії електроенергії (10-30%).

### *Попередній звіт*

Під час попередньої перевірки на ВАТ «Машинобудівний завод» було встановлено, що підприємство активно працює і має надійні ринки збуту продукції. Виробничі потужності споживають електричну енергію, газ і воду. Потужними споживачами є виробничі механізми з асинхронними двигунами, котельня, освітлювальні установки.

Асинхронні двигуни є споживачами значної кількості активної та реактивної потужності. Оскільки вартість 1 кВт·год. активної енергії становить 1 грн., а підприємство споживає близько 3000 тис. кВт·год. активної та 2250 тис. квар·год. реактивної електроенергії за рік, витрачаючи на це декілька мільйонів гривень, то актуальним вбачається перевірка ефективності встановлення засобів компенсації реактивної потужності. Результати попередніх розрахунків показали, що за впровадження системи КРП підприємство щороку буде економити понад 60000 грн., причому компенсаційні установки окупляться в термін до 5 років.

Досить немалої питомої потужності на підприємстві має система освітлення. Оскільки в багатьох виробничих приміщеннях використовуються лампи розжарювання, то сучасні тенденції енергозбереження у світі вказують на значну вигоду для підприємства у випадку заміни цих ламп на газорозрядні. Вигода полягає як в суттєвому зменшенні витрат за спожиту електроенергію системою освітлення, так і в підвищенні продуктивності праці працівників, що працюють в приміщенні з такими лампами. Останнє пояснюється покращеною кольоропередачею розрядних ламп і зменшенням втоми зору працівників. Актуальною задачею також є перевірка ефективності заміни ртутних ламп, що використовуються в складських приміщеннях та у системі зовнішнього освітлення, на натрієві, які характеризуються більшою світловіддачею, тобто економніші.

Важливою енергоощадною рекомендацією є також і модернізація водяної системи опалення цехів підприємства зі значними площами і невеликою кількістю виробничого персоналу. Це пояснюється тим, що на даний момент стіни приміщення не утеплені і багато теплової енергії використовується на непотрібний обігрів зовнішнього простору підприємства через низьку теплоізоляцію. До того ж в цехах наявні значні площі, в яких не працюють люди, що вказує на неефективне використання теплової енергії. Пропонується використати більш ефективні для таких

випадків системи інфрачервоного опалення, що ефективно обігрівають конкретні площі, в яких працюють люди.

Система теплопостачання також містить електроприводи насосів, регулювання продуктивності яких відбувається за допомогою засувки. Сучасний світовий досвід показує ефективність використання в такому випадку частотних перетворювачів, які здійснюють плавне й економне регулювання швидкості двигунів – приводів насосів. Статистика розрахунків показує, що при цьому забезпечується економія електроенергії до 30%.

Таким чином, на підприємстві є доцільною енергоаудиторська перевірка з метою визначення міри ефективності вказаних заходів з енергозбереження. Під час перевірки може бути запропоновано ряд додаткових заходів, що можуть бути реалізовані найближчим часом, або заплановані на майбутнє.

### ***План проведення енергетичного аудиту підприємства ВАТ «Машинобудівний завод»***

#### *Напрямки подальшого енергетичного аудиту*

Оплачуваний обсяг робіт, за домовленістю з підприємством-замовником аудиторських послуг, – до 70 люд.год.

Тип енергетичного аудиту, який буде проводитись, – поєднання простого і попереднього.

Прийнято, що досліджуватись будуть:

- система електропостачання
  - використання активної та реактивної потужностей об'єктами підприємства;
- системи водопостачання та опалення приміщень
  - використання теплової енергії та газу (для опалення),
  - використання води (у виробництві, в житлових будинках),
  - використання електроенергії (для живлення циркуляційних насосів, для живлення електричних опалювальних систем);
- система освітлення
  - використання електроенергії (для живлення освітлювальних установок виробничих приміщень, зовнішнього освітлення, житлових будівель).

#### *Методика проведення дослідження*

1. Отримання додаткової інформації, що необхідна для визначення ефективності компенсації реактивної потужності.

2. Отримання додаткової інформації, що необхідна для визначення ефективності встановлення інфрачервоних обігрівачів.



3. Отримання додаткової інформації, що необхідна для визначення ефективності заміни ламп розжарювання та розрядних ламп на більш енергоощадні.

4. Вимірювання споживання ПЕР кожним з цехів для побудови балансів і визначення норм споживання ПЕР.

5. Вирішення задачі вибору оптимальних потужностей конденсаторних установок.

6. Вирішення задачі перевірки ефективності функціонування модернізованої системи опалення.

7. Вирішення задачі перевірки ефективності функціонування модернізованої системи освітлення.

### А.3 Поглиблене отримання інформації про об'єкт енергетичного аудиту

*1. Інформація, необхідна для перевірки ефективності вибору системи компенсації реактивної потужності на підприємстві*

- Реальні середні потужності цехів (табл. А.7), що отримані на основі аналізу їх роботи:

Таблиця А.7 – Середні потужності та річний обсяг спожитих активної та реактивної енергій цехами підприємства

№	Найменування об'єкта	$P_c$ , кВт	$W_a$ , тис. кВт·год.	$Q_c$ , квар	$W_p$ , тис. квар·год.
1	Механоскладальний цех № 1	44,7	391,76	29,9	262,0
2	Механоскладальний цех № 2	45,6	399,31	29,4	257,3
3	Механоскладальний цех № 3	46,3	405,92	33,4	292,2
4	Механоскладальний цех № 4	26,9	236	20,8	182,0
5	Компресорна станція	23,5	205,79	17,6	154,0
6	Котельня	24,2	212,4	18,2	159,3
7	Житловий будинок № 1	19,4	169,92	5,1	45,0
8	Житловий будинок № 2	23,0	201,07	7,3	64,0
9	Житловий будинок № 3	20,3	177,47	4,8	42,0
10	Адміністративна будівля	13,5	118	10,1	88,5
11	Ливарний цех	19,4	169,92	14,5	127,4
12	Механічний цех	20,3	177,47	16,5	144,2
13	Ремонтно-механічний	8,1	70,8	6,1	53,1
14	Складське приміщення	7,3	64,192	2,1	18,0

В табл. А.7 вказано такі величини:

$W_a, W_p$  – обсяг спожитих за рік відповідно активної та реактивної електроенергії (для кожного об'єкта енерговикористання), визначений за даними системи технічного обліку, яка представлена аналоговими лічильниками об'єктів підприємства;

$P_c, Q_c$  – середні, відповідно, активна та реактивна потужності об'єктів підприємства за рік, що визначаються за виразами:

$$P_c = \frac{W_a}{T_p}, \text{ кВт}; Q_c = \frac{W_p}{T_p}, \text{ квар},$$

де  $T_p$  – час роботи підприємства за рік (8760 год.).

- Середній тариф за електроенергію – 1 грн./кВт·год.);
- Параметри трансформаторів для аналізу – на даний момент на підприємстві встановлено 2 цехові ТП потужністю  $2 \times 1000$  кВА (двотрансформаторні), що живляться кабельними лініями від ЦРП 10 кВ;
- Параметри існуючих ліній електропередачі (табл. А.8);

Таблиця А.8 – Існуючі лінії електропередачі на підприємстві

Лінія	Провідник	Довжина, м
ЕЕС-ЦРП	$2 \times \text{АС-70/11}$	1500
ЦРП-ТП1	$2 \times \text{ААБ-3} \times 35$	200
ЦРП-ТП2	$2 \times \text{ААБ-3} \times 35$	150

2. Інформація, що необхідна для перевірки ефективності вибору системи опалення та водопостачання на підприємстві

- Дані про обсяги річного споживання теплової енергії та води структурними підрозділами підприємства, що отримані на основі показів відповідних лічильників на кожному об'єкті підприємства, наведено в табл. А.9.

З таблиці А.9 випливає, що сума показів лічильників води (29,5) не дорівнює показу лічильника води на вході підприємства (30). Тому необхідним є здійснити перевірку точності роботи лічильників води підприємства, а також оглянути водопровідні мережі на предмет наявності неефективних витрат води.

Таблиця А.9 – Відомості про річне споживання теплової енергії та води підприємством

№	Найменування цеху	Теплова енергія, Гкал	Вода, тис. м <sup>3</sup>
1	Механоскладальний цех № 1	310	11
2	Механоскладальний цех № 2	280	6
3	Механоскладальний цех № 3	270	5
4	Механоскладальний цех № 4	115	0,5
5	Компресорна станція	135	0,5
6	Котельня	120	1
7	Житловий будинок № 1	340	1,5
8	Житловий будинок № 2	335	1,3
9	Житловий будинок № 3	325	1,2
10	Адміністративна будівля	250	0,35
11	Ливарний цех	150	0,45
12	Механічний цех	120	0,25
13	Ремонтно-механічний	145	0,4
14	Складське приміщення	137	0,05
	Всього	3032	29,5

3. Інформація, що необхідна для перевірки ефективності вибору системи освітлення на підприємстві

Система зовнішнього освітлення на підприємстві складається з 18 ртутних ламп потужністю 250 Вт кожна. Середній річний час роботи системи освітлення складає  $T_p = 2500$  год. Тариф на активну електроенергію  $B_W = 1$  грн./(кВт·год.).

В одному з відділень складського приміщення, площею 300 м<sup>2</sup>, використовується 60 ламп розжарювання потужністю 100 Вт кожна. Середній річний час роботи системи освітлення складає  $T_p = 2000$  год.

#### А.4 Побудова та аналіз характеристик режимів споживання ПЕР

Суттєве споживання газу на підприємстві вказує на необхідність дослідження характеристик споживання цього ПЕР. На рис. А.2 показано діаграму споживання газу протягом року. Аналіз показує, що споживання газу в зимовий період в десять разів перевищує літнє споживання. Вартість газу, спожитого протягом одного зимового місяця при ціні 2200 грн./м<sup>3</sup>, перевищує 200000 грн. Тому, з огляду на характеристичну діаграму річного споживання газу на підприємстві, виникає необхідність в перевірці ефективності системи опалення, в якій використовується газ.

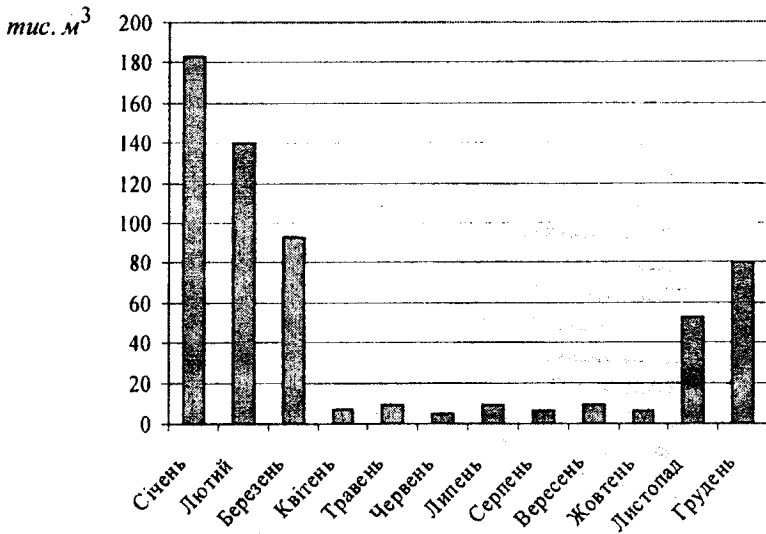


Рисунок А.2 – Річне споживання газу підприємством за 2011 рік

#### А.5 Складання та аналіз паливно-енергетичних балансів підприємства

На основі даних про споживання ПЕР на підприємстві за 2011 рік (див. табл. А.7, А.9) побудовано паливно-енергетичні баланси, що демонструють розподіл ПЕР по цехах і показують величину втрат.

З рис. А.3, де показаний баланс електроенергії на підприємстві, впливає, що найпотужнішими цехами є 1-й, 2-й та 3-й, які варто більш детально дослідити на предмет винайдення можливостей енергозбереження.

Цехи 2-й і 3-й, за початковими даними, мають практично однакові режими роботи і однакову кількість працівників. Однак з рис. А. 4 видно, що споживання води в цеху № 2 на 20% вище, ніж в цеху № 3. Таким чином виникає необхідність більш детально дослідити систему водовикористання в цеху № 2, в якому пропонується підтримувати економне використання води за допомогою такого інструмента енергозбереження, як норми використання ПЕР.

Величина небалансу витрат води була визначена як різниця між показами лічильників на вводі підприємства і отриманими розрахунковим або технічним шляхом (за допомогою лічильників технічного обліку) значеннями витрат кожним цехом. Тому, як було виявлено під час аналізу

таблиці А.9, необхідним є здійснити перевірку точності визначення об'ємів використання води кожним об'єктом підприємства, а також перевірити водопровідні мережі з метою виявлення неефективних витрат води.

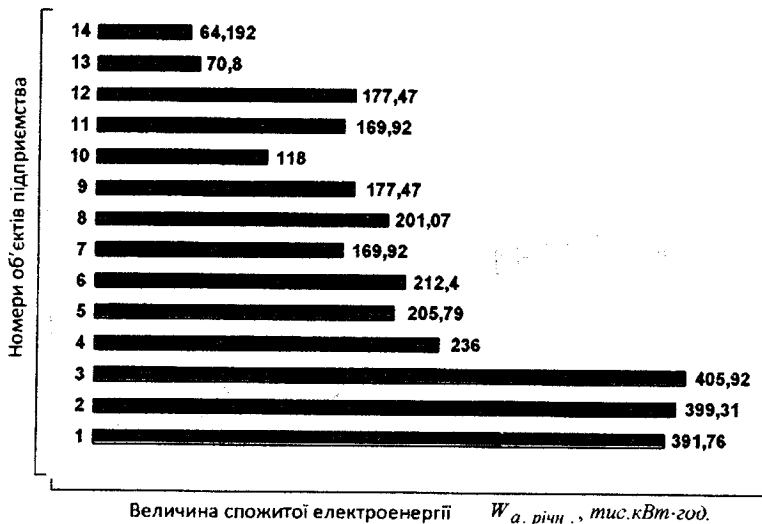


Рисунок А.3 – Баланс використання електроенергії на підприємстві

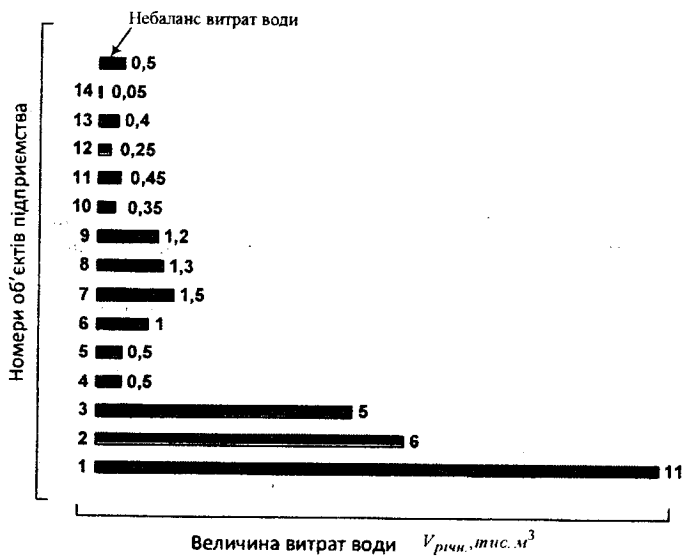


Рисунок А.4 – Баланс використання води на підприємстві

На рис. А.5 показаний баланс використання теплової енергії на підприємстві.

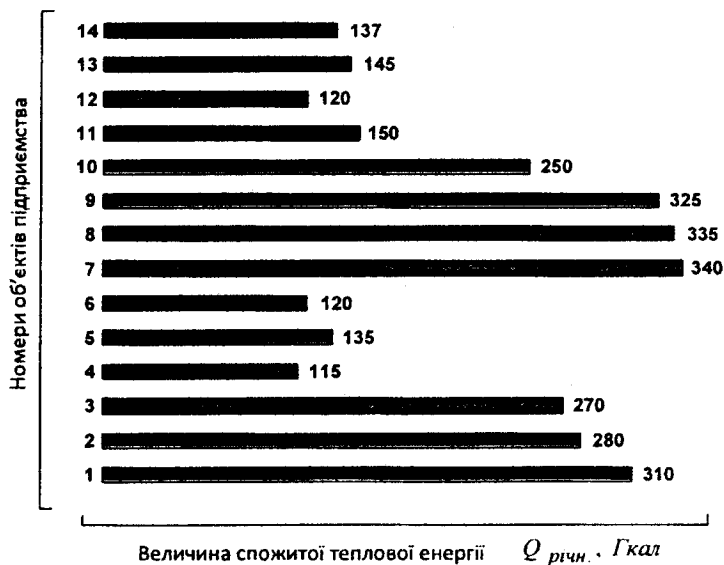


Рисунок А.5 – Баланс використання теплової енергії на підприємстві

З балансу використання теплової енергії видно, що найбільше її споживається в житлових будинках (7, 8, 9), а також в механоскладальних цехах (1, 2, 3). Пропонується перевірити ефективність застосування системи інфрачервоного опалення в цехах 1 – 3.

#### А.6 Визначення питомих норм споживання ПЕР

Енергоаудитором отримано інформацію про обсяги виробництва продукції та використання ПЕР на виробництво цієї продукції. На підприємстві виробляється така основна продукція: редуктори та насоси. Оскільки на підприємстві випускається декілька видів продукції, то доцільно буде розрахувати загальновиробничу норму використання електроенергії, газу, води на одиницю вартості продукції. Сумарна вартість за 2011 р. випущеної продукції склала  $B_{\Sigma} = 11,2$  млн. грн. (див. табл. А.1)

Обсяги річного використання ПЕР (див. табл. А.4):

електроенергія:  $W = 3000000$  кВт·год.;

газ:  $V = 600000$  м<sup>3</sup>;

вода:  $V = 30000$  м<sup>3</sup>;

Загальновиробничі норми використання ПЕР розраховуються за формулою:

$$H = \frac{ПЕР}{B_{\Sigma}}, \text{ од. ПЕР/грн. прод.}$$

де ПЕР – обсяг спожитих паливно-енергетичних ресурсів;  
 $B_{\Sigma}$  – вартість спожитих паливно-енергетичних ресурсів.

Загальновиробнича заводська норма використання електроенергії за 2011 р.:

$$H = \frac{3000000}{11200000} = 0,27 \text{ (кВт·год./грн. прод.)}$$

Загальновиробнича заводська норма використання газу за 2011 р.:

$$H = \frac{600000}{11200000} = 0,054 \text{ (м}^3\text{/грн. прод.)}$$

Загальновиробнича заводська норма використання води за 2011 р.:

$$H = \frac{30000}{11200000} = 0,0027 \text{ (м}^3\text{/грн. прод.)}$$

## **А.7 Обґрунтування ефективності заходів з енергозбереження**

### ***Перевірка ефективності встановлення засобів покращення якості електроенергії***

Перевірка ефективності встановлення засобів компенсації реактивної потужності (КРП) є доволі розповсюдженою задачею. На це вказує наявність на багатьох підприємствах великої частки реактивних навантажень (електроприводів, систем освітлення...).

Для виконання перевірки необхідно за однолінійною схемою системи електропостачання підприємства скласти електричну схему заміщення.

На рис. А.6 показано однолінійну схему системи електропостачання ВАТ «Машинобудівний завод», яка містить: точку приєднання підприємства до підстанції енергосистеми напругою 10 кВ, ЦРП, дві двотрансформаторні цехові підстанції, а також середньорічні активні ( $P_{нс1} - P_{нс4}$ ) і реактивні навантаження цехів ( $Q_{нс1} - Q_{нс4}$ ), які приєднані до цих

трансформаторів. На схемі також показано запропоновані місця встановлення конденсаторних батарей ( $Q_{к1} - Q_{к4}$ ).

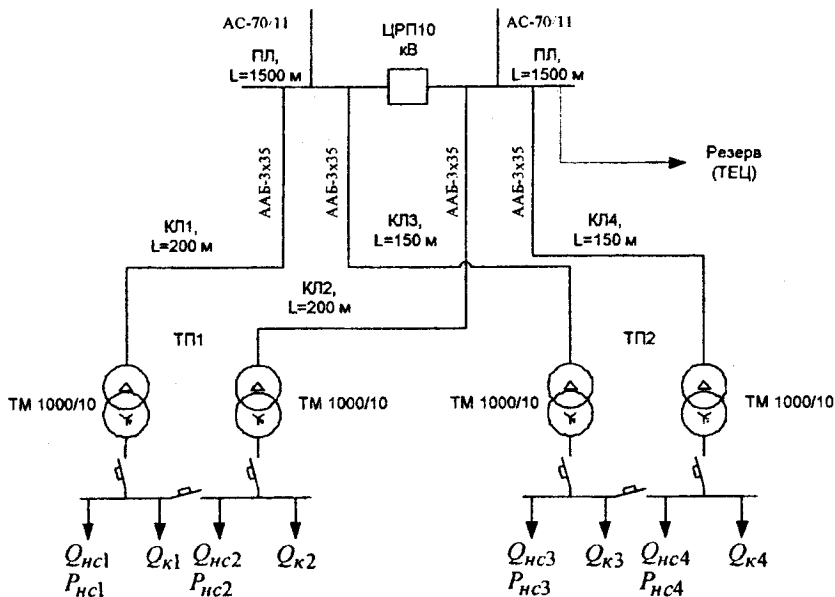


Рисунок А.6 – Однолінійна схема системи електропостачання підприємства

Алгоритм аудиторської перевірки наведений нижче.

1. Критерій ефективності використання компенсації реактивної потужності на підприємстві:

$$T = \frac{K}{E}, \quad (1)$$

де  $T$  – термін окупності системи КРП, років;

$K$  – капіталовкладення в систему КРП, грн.;

$E$  – економія коштів внаслідок встановлення системи КРП, грн.

2. Визначення економії коштів внаслідок встановлення системи КРП.

Економія коштів є різницею між витратами, що пов'язані з протіканням реактивної потужності по мережах підприємства до встановлення установок КРП ( $B^{до}$ ) і після їх встановлення ( $B^{після}$ ):



$$E = B^{\partial\partial} - B^{\text{після}} \quad (2)$$

Витрати до та після застосування конденсаторних установок містять такі складові

$$B^{\partial\partial} = B_{\text{втр}}^{\partial\partial} + B_{\text{втр}}^{\partial\partial}, \text{ грн.} \quad (3)$$

$$B^{\text{після}} = B_{\text{втр}}^{\text{після}} + B_{\text{втр}}^{\text{після}} + B_{\text{втр}}^{\text{БК}}, \text{ грн.} \quad (4)$$

де  $B_{\text{втр}}^{\partial\partial} = \sum_{i=1}^n \Delta W_i^{\partial\partial} \cdot C_{\text{Wa}}$ ,  $B_{\text{втр}}^{\text{після}} = \sum_{i=1}^n \Delta W_i^{\text{після}} \cdot C_{\text{Wa}}$  – вартість втрат

активної енергії в  $n$  елементах системи електропостачання (СЕП) (лініях і трансформаторах), тут  $\Delta W_i^{\partial\partial}$ ,  $\Delta W_i^{\text{після}}$  – втрати активної енергії в  $i$ -му елементі СЕП,  $C_{\text{Wa}}$  – тариф на електроенергію, грн./кВт.год.);

$$B_{\text{втр}}^{\text{БК}} = \sum_{j=1}^m \Delta W_j^{\text{БК}} \cdot C_{\text{Wa}} \text{ – вартість втрат активної енергії в батареях}$$

статичних конденсаторів компенсаційних установок;

$B_{\text{втр}}^{\partial\partial}$ ,  $B_{\text{втр}}^{\text{після}}$  – вартість перетоків реактивної електроенергії між енергопостачальною організацією та споживачем, що, згідно з [12], визначається за виразом

$$B_{\text{втр}} = B_1 + B_2 - B_3, \text{ грн.} \quad (5)$$

В свою чергу складові виразу (5) визначаються таким чином:

$$B_1 = \left( W_p^{\text{cn}} + K \cdot W_p^{\text{ген}} \right) \cdot D \cdot C_{\text{Wa}}, \text{ грн.} \quad (6)$$

де  $W_p^{\text{cn}}$  – споживана реактивна енергія в точці обліку, квар.год.;

$W_p^{\text{ген}}$  – генерована реактивна енергія в точці обліку, квар.год.;

$K = 3$  – нормативний коефіцієнт врахування збитків енергопостачальної організації від генерації реактивної електроенергії;

$D$  – економічний еквівалент реактивної потужності, що характеризує вплив реактивного перетоку в точці обліку на втрати активної потужності в розрахунковому режимі, кВт/квар;

$$B_2 = B_1 \cdot C_{\text{БАЗ}} \cdot (K_{\phi} - 1), \text{ грн.} \quad (7)$$

де  $B_2$  – надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами компенсації реактивної потужності, яка нараховується, якщо коефіцієнт реактивної потужності споживача в середньому за розрахунковий період  $\text{tg}\varphi > 0,25$  – для промислових споживачів і  $\text{tg}\varphi > 0,75$  – для непромислових споживачів;

$C_{\text{БАЗ}} = 1,3$  – нормативне базове значення коефіцієнта стимулювання капітальних вкладень в засоби КРП в електричних мережах споживача;

$K_{\varphi}$  – коефіцієнт, що визначається за виразами

$$K_{\varphi} = (\text{tg}\varphi - 0,25)^2 + 1 \text{ – для промислових споживачів;} \quad (8)$$

$$K_{\varphi} = (\text{tg}\varphi - 0,75)^2 + 1 \text{ – для непромислових споживачів.} \quad (9)$$

Значення коефіцієнта реактивної потужності споживача в середньому за розрахунковий період визначається як відношення споживаних, відповідно, активної та реактивної електроенергії:

$$\text{tg}\varphi = W_{\rho}^{cn} / W_a^{cn}. \quad (10)$$

Складова  $B_3$  є зниженням плати за споживання та генерування реактивної електроенергії за умови достатнього оснащення електричної мережі споживача засобами КРП і узгодженням з енергопостачальною організацією.

Для визначення складових виразу (4) необхідно розрахувати втрати енергії в елементах системи електропередачі.

Відповідно до [9], втрати електроенергії в електричній мережі визначаються з використанням коефіцієнта форми графіка навантаження за струмом, що, значною мірою, враховує нерівномірність графіка навантаження

$$\Delta W = 3k_{\phi I}^2 I_c^2 RT \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}\cdot\text{год.} \quad (11)$$

де  $k_{\phi I} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}}{\sum_{i=1}^n I_i \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}$  – коефіцієнт форми графіка навантаження за

струмом, тут  $I_i$  – середній струм навантаження в  $i$ -му періоді вимірювання, який може вимірюватись або розраховується за виразом

$$I_c = \frac{\sqrt{P_c^2 + Q_c^2}}{\sqrt{3} \cdot U}, \text{ А} \quad (12)$$

тут  $P_c, Q_c$  – відповідно, середні активна та реактивна потужності навантаження, що живиться через елемент системи електропередачі (лінію чи трансформатор) за розрахунковий період  $T$ ;

$U$  – напруга елемента лінії електропередачі, кВ.

$I_c$  – середній струм, який може визначатись за виразом (12) або

$$I_c = \frac{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot T}, \text{ А.} \quad (13)$$

Річні втрати електроенергії в трансформаторах визначаються за виразом [8–10]

$$\Delta W_{mp} = \Delta P_{xx} T_{mp} + \beta^2 \Delta P_{кз} T_H, \quad (14)$$

де  $\Delta P_{xx}$  – втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

$\Delta P_{кз}$  – втрати короткого замикання трансформатора, кВт;

$T_{mp}$  – час, протягом якого трансформатор приєднано до мережі, год.;

$T_H$  – час, протягом якого трансформатор працює під навантаженням, год.;

$\beta$  – коефіцієнт завантаження трансформатора, квадрат якого за умов змінного навантаження визначається за виразом:

$$\beta^2 = \frac{k_{\phi a}^2 P_c^2 + k_{\phi p}^2 Q_c^2}{S_H^2}, \quad (15)$$

тут  $k_{\phi a}$  – коефіцієнт форми графіка активної потужності;

$k_{\phi p}$  – коефіцієнт форми графіка реактивної потужності;

$P_c$  – середнє значення активної потужності за розрахунковий період;

$Q_c$  – середнє значення реактивної потужності.

Величини  $P_c$  та  $Q_c$  визначаються для кожної лінії як суми середніх потужностей цехів (табл. А.10), що живляться від конкретного трансформатора.

Таблиця А.10 – Визначення середніх потужностей  $P_c$  і  $Q_c$ 

Номер трансформатора	Номери цехів	$P_c$	$Q_c$
1	1,2,14	97,6	61,4
2	3,4	73,2	54,2
3	5-9	110,4	53
4	10-13	61,3	47,2

Розрахунок реалізовано з використанням електронних таблиць Excel (рис. А.7 – А.9).

Під час розрахунку прийняті коефіцієнти форми графіків струму, активної та реактивної потужності, розраховані на основі зібраних статистичних даних за формулами:

$$k_{\phi I} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}}{\frac{\sum_{i=1}^n I_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}; \quad k_{\phi a} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_{ci}^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}}{\frac{\sum_{i=1}^n P_{ci} \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}; \quad k_{\phi p} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Q_{ci}^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}}{\frac{\sum_{i=1}^n Q_{ci} \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}$$

де  $P_{ci}$ ,  $Q_{ci}$  – значення середніх потужностей на  $i$ -му інтервалі вимірювання.

Для більш точного розрахунку необхідно вибирати такі інтервали вимірювання, під час яких значення середніх потужностей наближаються до діючих.

Під час інтервалу вимірювання в 1 год. ці потужності дорівнюють значенню спожитої електроенергії. Тому їх можна легко отримати з використанням лічильників активної та реактивної енергії.

Значення  $I_i$ , як було вказано раніше, може визначатись на основі відомостей про значення величин  $P_{ci}$ ,  $Q_{ci}$  на  $i$ -му інтервалі за формулами (12) або (13).

На рисунку А.7 наведено розрахунок зниження вартості втрат електроенергії в трансформаторах за умови повної компенсації реактивної потужності ( $Q_c = 0$ ) за допомогою електронних таблиць Excel, а також формули, що використовувались.

На рисунку А.8 наведено розрахунок зниження вартості втрат електроенергії в кабельних лініях за умови повної компенсації реактивної потужності ( $Q_c = 0$ ), а також формули, що використовувались.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	G	K	L	M	
1	dP <sub>хх</sub> , кВт	dP <sub>кз</sub> , кВт	S <sub>н</sub> , кВА	P <sub>с</sub> , кВт	Q <sub>с</sub> , квар	T, год	кфа	кфр	С, грн/кВт*год	Втр. до, грн	Втр. після, грн	Економія, грн	
2	Тр-р № 1	1,9	10,5	1000	97,6	61,4	8760	1,3	1,28	1	18 692,9	18 124,7	568,1
3	Тр-р № 2	1,9	10,5	1000	73,2	54,2	8760	1,31	1,29	1	17 939,4	17 489,8	449,6
4	Тр-р № 3	1,9	10,5	1000	110	53	8760	1,28	1,27	1	18 897,5	18 480,8	416,7
5	Тр-р № 4	1,9	10,5	1000	61,3	47,2	8760	1,33	1,3	1	17 601,7	17 255,4	346,3
6	Всього по трансформаторах											1780,8	

$$K2 = \$B2 * \$G2 + \$C2 * \$G2 * (\$H2^2 * \$E2^2 + \$I2^2 * \$F2^2) / \$D2^2 * \$J2$$

$$L2 = \$B2 * \$G2 + \$C2 * \$G2 * (\$H2^2 * \$E2^2) / \$D2^2 * \$J2$$

$$M2 = K2 - L2$$

$$M6 = \text{СУММ}(M2; M5)$$

Рисунок А.7 – Визначення вартості зниження втрат електроенергії в трансформаторах підприємства

A	B	C	D	E	F	G	H	I	G	K	L	M	
1	кф <sub>до</sub>	кф <sub>після</sub>	P <sub>с</sub> , кВт	Q <sub>с</sub> , квар	T, год	U, кВ	I, км	R <sub>0</sub> , Ом/км	С, грн/кВт*год	Втр. до, грн	Втр. після, грн	Економія, грн	
2	Кл1	1,29	1,28	97,6	61,4	8760	10	0,2	1,1	1	426,4	300,8	125,6
3	Кл2	1,28	1,27	73,2	54,2	8760	10	0,2	1,1	1	261,9	166,6	95,4
4	Кл3	1,28	1,27	110,4	53	8760	10	0,3	1,1	1	710,3	568,3	142,0
5	Кл4	1,28	1,27	61,3	47,2	8760	10	0,3	1,1	1	283,5	175,2	108,3
6	Всього по КЛ											471,3	

$$K2 = 3 * \$B2^2 * (\text{КОРЕНЬ}(\$D2^2 + \$E2^2) / (3 * 0,5 * \$G2))^2 * \$I2 * \$H2 * \$F2 * 10^{-3} * \$J2$$

$$L2 = 3 * \$C2^2 * (\text{КОРЕНЬ}(\$D2^2) / (3 * 0,5 * \$G2))^2 * \$I2 * \$H2 * \$F2 * 10^{-3} * \$J2$$

$$M2 = K2 - L2$$

$$M6 = \text{СУММ}(M2; M5)$$

Рисунок А.8 – Визначення вартості зниження втрат електроенергії в кабельних лініях підприємства

При розрахунку зниження втрат електроенергії в кабельних лініях слід звернути увагу, що коефіцієнт  $k_{\phi I}$ , який визначається на основі даних про  $P_{ci}$ ,  $Q_{ci}$ , може дещо відрізнятись до і після компенсації. Це пояснюється тим, що після компенсації реактивної потужності величини  $Q_{ci}$  будуть меншими, ніж до компенсації.

На рисунку А.9 наведено розрахунок оплати за спожиту реактивну енергію підприємством. За умови повної компенсації ця величина дорівнюватиме економії підприємства, що пов'язана зі зниженням споживання реактивної енергії.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	W <sub>асп</sub> , кВт*год	W <sub>рсп</sub> , квар*год	tgφ	D, кВт/квар	С, грн/кВт*год	С <sub>баз</sub>	B1, грн	B2, грн	BWp, грн
2	3000000	2250000	0,75	0,02	1	1,3	45000	14625	59625

$$G2 = B2 * D2 * E2$$

$$H2 = G2 * F2 * (C2 - 0,25)^2$$

$$I2 = G2 + H2$$

Рисунок А.9 – Визначення величини зниження оплати за електроенергію підприємством внаслідок КРП

Підсумовуючи результати розрахунків, що наведені на рис. А.7 – А.9, отримуємо прогнозоване значення повної економії підприємства внаслідок КРП 61877 грн.

Враховуючи результати попереднього аналізу заходів з енергозбереження, термін окупності компенсувальних пристроїв очікується таким, що дорівнює

$$T = \frac{B_{KV}}{C} = \frac{285000}{61877} = 4,6 \text{ (року),}$$

і це є допустимим. Після закінчення терміну окупності і за подібного характеру енергоспоживання підприємство внаслідок КРП буде економити понад 50000 грн. в рік.

### *Перевірка ефективності системи інфрачервоного опалення приміщень підприємства*

На підприємстві в цехах організоване водяне опалення. За умов неповного завантаження виробничих площ частина тепла витрачається нерационально, тому що здійснюється обігрів усього корпусу, а не лише робочих місць.

Пропонується в цехах, замість існуючої системи опалення встановити над робочими місцями системи інфрачервоного опалення, які повинні відповідати вимогам, викладеним у [13]. Запропоновані системи мають ряд переваг у порівнянні з традиційними системами [13, 14]:

- обігрівають в першу чергу людей і предмети;
- забезпечують корисний, екологічно чистий та економічний обігрів;
- прогрівають необхідні ділянки в приміщенні;
- ідеально підходять для використання в місцях, де необхідний тимчасовий обігрів;
- зігрівають людей навіть у відкритих приміщеннях та у вітряну погоду;
- обігрівають важкодоступні ділянки; забезпечують швидку передачу тепла (до 30 секунд);
- вітер і протяги не впливають на обігрів;
- тепло можна подавати направлено;
- прості в експлуатації;
- не мають неприємних та шкідливих запахів;
- працюють безшумно;
- не сушать повітря;
- не викликають головного болю;
- не знижують рівень кисню в приміщенні;

- у порівнянні з іншими системами обігріву безпечні щодо можливості отруєння і займання;
- перешкоджають появі мікроорганізмів і бактерій;
- забезпечують економію паливно-енергетичних ресурсів;
- дозволяють організацію чергового опалення в неробочий час і вихідні дні;

За даними підприємства на потреби опалення та вентиляції в цехах протягом 2011 р. було витрачено  $V_z = 200$  тис. м<sup>3</sup> природного газу.

Пропонується над робочою зоною цеху встановити 30 промислових інфрачервоних обігрівачів IR 3000 компанії Friso потужністю 3 кВт і вартістю  $B_n = 4970$  грн. кожний. В черговому режимі такий обігрівач може мати мінімальну потужність 1 кВт.

З урахуванням чергового режиму, що потребує 30% витрат електроенергії основного режиму, споживання електроенергії в опалювальний період складе:

$$W = n \cdot (P_1 \cdot t_1 \cdot 100 + P_2 \cdot t_2 \cdot 100 + P_2 \cdot 24 \cdot 50), \text{ кВт}\cdot\text{год.} \quad (16)$$

де  $n$  – кількість обігрівачів;

$P_1, P_2$  – потужності нагрівача в основному та черговому режимах;

$t_1, t_2, 24$  – час роботи опалювальної системи відповідно в основному, черговому режимі в робочі дні і черговому режимі у вихідні дні, годин;

100, 50 – кількість робочих і вихідних днів в опалювальному періоді;

$$W = 30 \cdot (3 \cdot 16 \cdot 100 + 1 \cdot 8 \cdot 100 + 1 \cdot 24 \cdot 50) = 204000, \text{ (кВт}\cdot\text{год.)}$$

Річна економія витрат, грн.

$$E = V_z \cdot C_z - W \cdot C_W, \quad (17)$$

де  $C_z, C_W$  – тарифи на газ та електроенергію, відповідно грн./тис. м<sup>3</sup> та грн./(кВт·год.).

$$E = 200 \cdot 4700 - 204000 \cdot 1 = 736000 \text{ (грн.)}$$

Вартість устаткування:  $B_y = n \cdot B_n = 30 \cdot 4970 = 149100$  (грн.). Витрати на введення в експлуатацію (вартість проекту, транспортування, монтажу) приймаємо в розмірі  $B_{нр.м.} = 100000$  грн. Загальні витрати:

$$K = B_y + B_{нр.м.} = 149100 + 100000 = 249100 \text{ (грн.)}$$

Оцінка простої окупності:

$$T = \frac{K}{E_{\text{витр}}} = \frac{249100}{736000} = 0,34 \text{ (року)}.$$

Таким чином, оскільки термін окупності невеликий, використання інфрачервоних обігрівачів може бути ефективним і давати економію коштів підприємства більшу, ніж 700 тис. гривень щороку.

### *Перевірка ефективності системи освітлення*

Системи освітлення – системи з використанням електроенергії. Енергозбереження можливе шляхом оптимізації розрахунку системи освітлення, використання більш ефективних джерел світла, використання систем керування освітленням, організаційних заходів та ін.

Актуальність проведення аудиту зумовлена великою часткою освітлювального навантаження на підприємстві, що досліджується.

Хід побудови математичної моделі перевірки ефективності заходу з енергозбереження наводиться нижче.

Пропонується показник ефективності – значення приведеної річної економії коштів, що визначається за виразом:

$$E_p = \frac{B^{Л1} - B^{Л2}}{T_{роз}} \rightarrow \max, \quad (18)$$

де  $B^{Л1}$ ,  $B^{Л2}$  – витрати, що пов'язані з використанням відповідно працюючої і альтернативної ламп за розрахунковий період, грн.;

$T_{роз}$  – розрахунковий період, за який розраховуються витрати в системі освітлення, років.

$$T_{роз} = \frac{T_{\max}}{T_p}, \quad (19)$$

де  $T_{\max}$  – найбільший термін служби порівнюваних ламп, год.;

$T_p$  – річний час роботи системи освітлення, год./рік.

Витрати на діючу систему освітлення за розрахунковий період:

$$B^{Л1} = \left( \text{Окр} > \left\{ \frac{T_{\max} - T_{зал}}{T_L} \right\} K_{Л1} + P_{Лн} \cdot T_{\max} \cdot B_W \right) \cdot n, \quad (20)$$



де  $Окр >$  – символ, що означає округлення результату у фігурних дужках до більшого цілого;

$T_{Л}$  – номінальний термін служби ламп, система освітлення з використанням яких аналізується, год.;

$T_{зал}$  – залишковий термін роботи діючої лампи до її заміни, год.;

$K_{Л}$  – вартість лампи, грн.;

$P_{Лн}$  – номінальна потужність лампи, кВт.;

$V_{W}$  – тариф на електроенергію, грн./кВт.год.;

$n$  – кількість ламп даного типу в системі освітлення.

Витрати на альтернативну систему освітлення за розрахунковий період:

$$B^{Л2} = \left( \frac{T_{макс}}{T_{Л}} K_{Л} + P_{Лн} \cdot T_{макс} \cdot V_{W} \right) \cdot n - K_{ЛКВ}, \quad (21)$$

де  $K_{ЛКВ}$  – ліквідна вартість ламп діючої системи освітлення.

Система зовнішнього освітлення на ВАТ «Машинобудівний завод» складається з 18 ртутних ламп потужністю 250 Вт кожна. Середній річний час роботи системи освітлення складає  $T_p = 2500$  год. Тариф на активну електроенергію  $V_W = 1$  грн./кВт.год.

Пропонується замінити ртутні лампи на натрієві. Світлова віддача натрієвих ламп майже в два рази вища ніж у ртутних. Для заміни ртутних ламп потужністю 250 Вт необхідно встановити натрієві потужністю 150 Вт. Характеристики обох видів ламп наведені в табл. А.11.

Таблиця А.11 – Порівняльні характеристики дугових ртутних ламп (ДРЛ) і натрієвих ламп

Лампа	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Термін служби, год.	Цоколь	Ціна, грн.
ДРЛ	250	13000	6000	E40	50
Натрієва	150	15000	12000	E40	120

Серед двох типів ламп, які досліджуються, найбільший строк служби є у натрієвої лампи. Тому  $T_{макс} = 12000$  год.

Лампи ДРЛ вже працювали 2 000 год., тому залишковий термін роботи до їх заміни приймаємо  $T_{зал} = 6000 - 2000 = 4000$  (год).

Витрати на систему освітлення з лампами ДРЛ за розрахунковий період, згідно з (20),

$$V_{ДРЛ} = \left( Окр > \left\{ \frac{12000 - 4000}{6000} \right\} \cdot 50 + 250 \cdot 10^{-3} \cdot 12000 \cdot 1 \right) \cdot 18 = 55800 \text{ (грн.)},$$

а з натрієвими лампами, згідно з (21),

$$V_{НЛ} = \left( \frac{12000}{12000} \cdot 120 + 150 \cdot 10^{-3} \cdot 12000 \cdot 1 \right) \cdot 18 = 34560 \text{ (грн.)}.$$

Розрахунковий період визначення витрат в системі освітлення:

$$T_{роз} = \frac{12000}{2500} = 4,8 \text{ (року)}.$$

Отже, витрати, розраховані за виразами (20), (21), визначені за період в 4,8 року. Це справедливо за припущення, що всі лампи працюють точно визначений термін роботи. Реальні показники роботи можуть відрізнятись, тому розрахунки за таким принципом є наближеними.

За виразом (18) визначимо приведену до одного року економію коштів внаслідок заміни в системі освітлення ламп ДРЛ на натрієві

$$E_p = \frac{55800 - 34560}{4,8} = 4425 \text{ (грн.)}.$$

Простий термін окупності модернізованої системи освітлення

$$T = \frac{K_{НЛ} \cdot n}{E_p} = \frac{120 \cdot 18}{4425} = 0,48 \text{ (року)}.$$

Таким чином, оскільки річна економія коштів внаслідок модернізації системи освітлення дорівнює близько 4,5 тис. грн., а термін окупності капіталовкладень не перевищує 0,5 року, модернізація системи освітлення шляхом заміни ламп ДРЛ на натрієві є ефективною.

Аналогічним чином було проведено аналіз заміни ламп розжарення на люмінесцентні.

## А.8 Енергоаудиторський висновок

Під час перевірки на ВАТ «Машинобудівний завод» було встановлено, що підприємство спеціалізується на виготовленні насосів і редукторів для машин і механізмів промисловості. Виробничі потужності споживають електричну енергію, газ і воду. Потужними споживачами є виробничі механізми з асинхронними двигунами, котельня, освітлювальні установки.

В результаті аналізу використання ПЕР на підприємстві остаточно було сформовано такі рекомендації з енергозбереження:

- встановлення засобів компенсації реактивної потужності, що зумовлено наявністю асинхронних двигунів, які є споживачами значної кількості активної та реактивної потужностей на підприємстві та високою вартістю активної потужності;

- заміна ртутних ламп на натрієві, а також ламп розжарення на більш економічні, що зумовлено значною питомою потужністю системи освітлення, а також тривалістю роботи останньої;

- модернізація водяної системи опалення цехів підприємства зі значними площами і невеликою кількістю виробничого персоналу на систему опалення з використанням інфрачервоних обігрівачів.

Після поглибленого аналізу запропонованих заходів з енергозбереження було встановлено:

1. Застосування КУ на підприємстві є ефективним заходом з економії електроенергії, що окупиться менше ніж за 5 років і приведе до щорічної економії коштів підприємства більше 50 тис. грн.

2. Використання інфрачервоних обігрівачів може бути ефективним і приводити до економії коштів підприємства більше ніж на 700 тис. гривень щороку.

3. Заміна ламп ДРЛ зовнішнього освітлення на натрієві приведе до річної економії коштів понад 4 тис. грн. при терміні окупності капіталовкладень менше 0,5 року.

Додаток Б

Приклад титульної сторінки курсового проекту

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра електротехнічних систем електроживлення

та енергетичного менеджменту

(повна назва кафедри, циклової комісії)

**КУРСОВИЙ ПРОЕКТ**

з дисципліни «Енергетичний аудит»  
(назва дисципліни)

на тему: проведення енергетичного аудиту ВАТ «Машинобудівний завод»

08-17.ЕА.012.00.000 ПЗ

Студента (ки) 1 курсу ЕМсп-12 групи

напряму підготовки \_\_\_\_\_

спеціальності 7.05070108

Іванова Петра Григоровича

(прізвище та ініціали)

Керівник доц. к.т.н. Бабенко О.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

м. Вінниця - 2013 рік

## Приклад індивідуального завдання до курсового проекту

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри ЕСЕЕМ

Л. Б. Терешкевич

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

на курсовый проект з дисципліни „Енергетичний аудит“ студенту інституту  
\_\_\_\_\_ групи \_\_\_\_\_ Іванову П. Г.

Виконати енергетичний аудит підприємства «Назва підприємства»

Вихідні дані курсового проекту: галузь промисловості, у якій працює підприємство; юридична адреса замовника та контактна інформація; форма власності підприємства; загальні характеристики систем на підприємстві, які пов'язані з використанням ПЕР (система електропостачання, система теплопостачання, система постачання стисненого повітря, система вентиляції, підігріву повітря та кондиціювання, система водопостачання та каналізації, система холодопостачання, внутрішнє та зовнішнє освітлення, електротермічні установки, електропривід, потужністю понад 100 кВт, будинки і споруди, інші технологічні системи, система обліку і контролю споживання енергоносіїв і води, система енергетичного менеджменту, навчання в системі енергетичного менеджменту); коротка історія підприємства; режим роботи підприємства; номенклатура та об'єми виробництва продукції; виробнича потужність підприємства; фінансовий стан підприємства; перспективи розвитку підприємства; кількість працівників; загальна площа підприємства; наявність субабонентів; щорічне споживання ПЕР за останні декілька років (не менше 2 років) об'єктом та його структурними одиницями; існуючі обмеження на споживання енергії; система тарифів на енергоносії, що їх використовує підприємство; наявність і характеристика систем обліку та контролю енергоспоживання; наявність системи енергетичного менеджменту на підприємстві та її робота; інформація про енергетичні аудити підприємства, що були проведені раніше; інші відомості, які підприємство-замовник вважає за потрібні повідомити щодо мети, масштабу та терміну проведення ЕА.

### ЗМІСТ ПОЯСНОВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Титульний лист

Анотація

Індивідуальне завдання

Зміст

Вступ

1. Збір інформації про об'єкт енергетичного аудиту

1.1 Попереднє отримання інформації про об'єкт ЕА

1.2 Аналіз попередньо отриманої інформації про об'єкт ЕА

1.3 Отримання додаткової інформації про використання ПЕР на підприємстві

2. Оброблення інформації про використання ПЕР на підприємстві

2.1 Побудова та аналіз характеристик режимів споживання ПЕР

2.2 Складання та аналіз ПЕБ підприємства

2.3 Визначення літотимих норм споживання ПЕР

3. Розроблення і обґрунтування рекомендацій щодо підвищення ефективності використання ПЕР на підприємстві

3.1 Техніко-економічний аналіз заходів з підвищення економії ПЕР на об'єкті

3.2 Енергоаудиторський висновок

Висновки

Література

Додаток А. Технічне завдання.

### ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

1. Генплан об'єкта з розміщенням ГПП (ЦРП), ЦТП та розподільних мереж 10 кВ.
2. Техніко-економічні характеристики заходів з енергозбереження на підприємстві

Дата видачі \_\_\_\_\_ р. Керівник \_\_\_\_\_

Завдання отримав \_\_\_\_\_

Додаток Г

Приклад технічного завдання

Затверджую

Керівник, к.т.н., доц., О. В. Бабенко

(підпис)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На проведення енергетичного аудиту ВАТ «Машинобудівний завод»

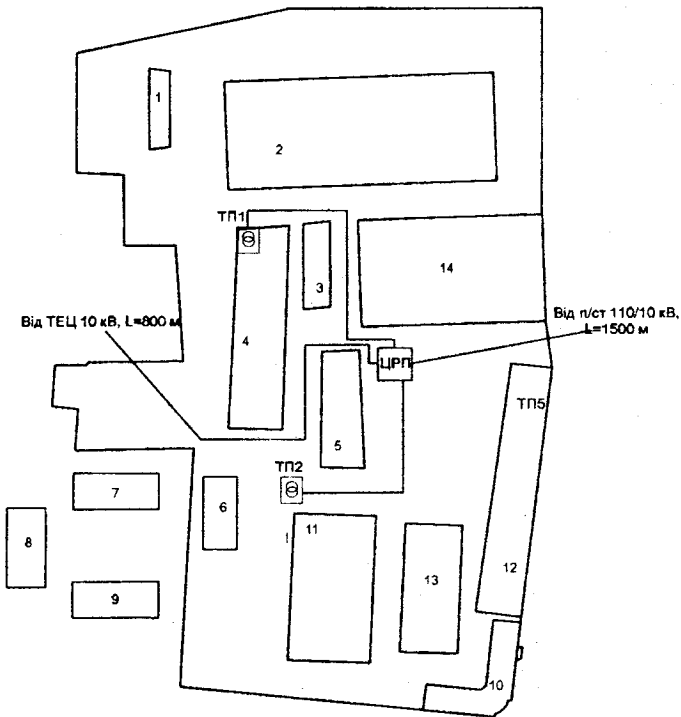


Рисунок Г.1 – Генеральний план підприємства

Таблиця Г.1 – Встановлені потужності об'єктів електроспоживання підприємства

№	Найменування об'єкта	Рвст, кВт
1	Механоскладальний цех № 1	415
2	Механоскладальний цех № 2	423
3	Механоскладальний цех № 3	430
4	Механоскладальний цех № 4	250
5	Компресорна станція	218
6	Котельня	225
7	Житловий будинок № 1	180
8	Житловий будинок № 2	213
9	Житловий будинок № 3	188
10	Адміністративна будівля	125
11	Ливарний цех	180
12	Механічний цех	188
13	Ремонтно-механічний	75
14	Складське приміщення	68
	Всього	3178

Таблиця Г.2 – Дані про щомісячне споживання електроенергії та природного газу підприємством

Місяць	Споживання активної електроенергії, тис. кВт·год.	Споживання реактивної електроенергії, тис. квар·год.	Споживання газу, тис. м <sup>3</sup>
Січень	327	245	183
Лютий	360	270	140
Березень	429	322	93
Квітень	396	297	7
Травень	194	146	9
Червень	172	129	5
Липень	150	113	9
Серпень	161	121	6
Вересень	152	114	9
Жовтень	130	98	6
Листопад	227	170	53
Грудень	302	227	80
Разом	3000	2252	600

Таблиця Г.3 – Відомості про енергоносії та їх вартість

Енергоносії	Річне споживання	Річні витрати, грн.
Активна електроенергія	3000 тис. кВт·год.	3000000
Реактивна електроенергія	2250 тис. квар·год.	60000
Природний газ	600 тис. м <sup>3</sup>	1320000
Вода	30 тис. м <sup>3</sup>	60000

Таблиця Г.4 – Дані про річний обсяг спожитої електроенергії цехами підприємства

№	Найменування об'єкта	$W_a$ , тис. кВт·год.	$W_p$ , тис. квар·год.
1	Механоскладальний цех № 1	391,76	262,0
2	Механоскладальний цех № 2	399,31	257,3
3	Механоскладальний цех № 3	405,92	292,2
4	Механоскладальний цех № 4	236	182,0
5	Компресорна станція	205,79	154,0
6	Котельня	212,4	159,3
7	Житловий будинок № 1	169,92	45,0
8	Житловий будинок № 2	201,07	64,0
9	Житловий будинок № 3	177,47	42,0
10	Адміністративна будівля	118	88,5
11	Ливарний цех	169,92	127,4
12	Механічний цех	177,47	144,2
13	Ремонтно-механічний	70,8	53,1
14	Складське приміщення	64,192	18,0

Крайній термін виконання КП « \_\_\_\_\_ » 201\_ р.

Початок розробки « \_\_\_\_\_ » 201\_ р.

#### Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації курсового проекту контролюється викладачем згідно з графіком виконання проекту. Прийняття проекту здійснюється комісією, затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту. Коректування технічного завдання допускається з дозволу керівника проекту.

Розробив студент групи \_\_\_\_\_

(підпис, прізвище та ініціали)



*Навчальне видання*

**Бабенко Олексій Вікторович**

# **ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ**

## **Курсове проектування**

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет підготовлено О. Бабенком

Підписано до друку 24.03.2014 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 4,5.  
Наклад 75 прим. Зам. № 2014-023.

Вінницький національний технічний університет,  
навчально-методичний відділ ВНТУ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, к. 2201.  
Тел. (0432) 59-87-36.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.