

М.Г. Хмельнюк, О.Ю. Яковлева, О.В. Остапенко

---

---

**ЕНЕРГЕТИЧНИЙ  
МЕНЕДЖМЕНТ І АУДИТ.**  
*І частина*

**ENERGY MANAGEMENT  
AND AUDIT**  
*I part*

---

---

Херсон  
Видавець Грінь Д.С.  
2017

УДК 621.565  
ББК 31.392  
Х 73

*Копіювання, сканування, запис на електронні носії і  
тому подібне, книжки в цілому, або будь-якої її  
частини заборонено*

*Рекомендовано Вченою Радою  
Одеської національної академії харчових технологій.  
Протокол № 12 від 1 липня 2016р.*

**Рецензенти:** **Бурдо О.Г.** д-р. техн. наук., професор, зав.кафедри процесів апаратів і енергетичного менеджменту, ОНАХТ.

**Нікульшин В.Р.** д-р. техн. наук., професор, зав.кафедри технічної, загальної та нетрадиційної енергетики Одеського національного політехнічного університету

**Василенко С.М.** д-р. техн. наук., професор, зав.кафедри теплоенергетики та холодильної техніки, НУХТ, Київ.

**Автори:** **Хмельнюк М.Г.**, д-р. техн. наук., професор, завідувач кафедри холодильних машин, установок і кондиціонування повітря ОНАХТ.

**Яковлева О.Ю.**, к.т.н., ст. преп. кафедри холодильних машин, установок і кондиціонування повітря ОНАХТ.

**Остапенко О.В.**, к.т.н., асистент кафедри холодильних машин, установок і кондиціонування повітря ОНАХТ

*Під загальною редакцією  
доктора технічних наук, професора М.Г. Хмельнюка*

**Хмельнюк М.Г., Яковлева О.Ю., Остапенко О.В.**

**Х 73** Енергетичний менеджмент і аудит. 1 частина: Підручник / [М.Г. Хмельнюк, О.Ю. Яковлева, О.В. Остапенко] Під заг. ред. М.Г. Хмельнюк. – Херсон: ФОП Грінь Д.С. 2017. – 224 с.

**ISBN 978-966-930-127-7**

Енергоефективність – це найважливіша тема в сучасному конкурентоспроможному середовищі, як серед інженерів так і серед менеджерів. Підвищений інтерес до неї замовлений новими правилами та директивами для запобігання глобальному потеплінню.

У даному підручнику надана стратегія енергетичного аудиту, яка об'єднує загальний алгоритм розробки пропозицій спрямованих на зменшення використання кожного з видів енергоносіїв і оптимізацію структури енергоспоживання. Це допоможе менеджерам з підвищення ефективності, збереження ТЕР та отримання прибутку.

Звернуто увагу на необхідність перевірки нормативних документів на внесення змін. Підручник надає інформацію від основ термінології, але звертає увагу на технічні прийоми і практичні заходи, методи для ефективного енергетичного менеджменту і аудиту.

Підручник може бути використаний студентами вузів, що навчаються в галузі знань «Електрична інженерія», та згідно спеціальності «Енергетичне машинобудування», а також фахівцями для теоретичного ознайомлення з основами енергетичного менеджменту та аудиту.

Energy efficiency is a crucial topic in the modern and competitive environment - for both engineers and managers. This increased interest is driven by a combination of new regulations and directives to prevent global warming.

This book is a guide that provides an energy audit strategy that integrates general algorithm of proposals directed to reducing the use of each type of energy utilities as well as energy consumption structure optimization. It helps managers to increase efficiency, and thereby save energy and to get profit.

An attention has been paid on necessity of regulatory documentation correction.

It provides comprehensive information on the fundamental concepts required, but concentrates on the practical aspects, methods and techniques of efficient energy management and audit.

The textbook can be used by university students enrolled in knowledge "Electrical Engineering", and with specialty "Power Engineering" also as specialists for theoretical acquaintance with the basics of energy management and audit.

**ISBN 978-966-930-127-7**

**ББК 31.392**

© Хмельнюк М.Г., Яковлева О.Ю., Остапенко О.В., 2017

## ПЕРЕДМОВА

*"Саме тоді, коли всі ми уникаємо ризику,  
ми створюємо в світі гранично  
ризиковану ситуацію".  
Даг Хаммаршельд*

*"When we all avoid the risk,  
we create the world's extremely  
risky situation."  
Dag Hammarskjöld*

Енергетична безпека як будь-якої держави у світі так і України пов'язана зі стратегічними ресурсами, що формують національний потенціал, що забезпечує розвиток нації і гарантує її безпеку. Гарантія енергетичної безпеки - одна з найважливіших умов сталого розвитку системних параметрів як економічних так і соціальних, що характеризують ефективність державного управління.

Енергетична безпека України - завдання Уряду з найвищим пріоритетом. Основою цього завдання є забезпечення країни енергетичними ресурсами, збільшення реверсивних поставок газу в Україну із західних країн (Польщі, Угорщини), збільшення видобутку газу на території України в тому числі і сланцевого, використання нетрадиційних джерел енергії. Тут же активізація поставок ядерного палива і будівництво сховищ. Залучення інвестицій, що засновано на прозорості у видобувних галузях – це важливий аспект у їхньому розвитку. Зниження споживання енергоресурсів є однією з ключових проблем економіки в Україні. Модернізація інфраструктури, використання приладів обліку, розробка та подальше впровадження інноваційних енергоефективних технологій і як наслідок підвищення енергоефективності як у промисловому виробничому секторі так і в ЖКХ дозволить прискорити темпи вирішення завдання енергетичної безпеки.

Ця книга написана відповідно до галузі знань «Електрична інженерія» згідно спеціальності «Енергетичне машинобудування» і може бути використана як навчальний посібник для фахівців.

Energy security both for any state in the world and for Ukraine is associated with strategic resources, forming national potential that provide the nation development and ensure its safety. Energy security guarantee - one of the most important conditions for the sustainable development of the both economic and social system parameters, characterizing the efficiency of public administration.

Energy assurance of Ukraine is the problem with the highest priority for the Government. The problem framework is energy resources providing for the country, increasing the reverse gas supplies to Ukraine from Western countries (Poland, Hungary), increasing in gas production in Ukraine including shale gas, alternative energy sources use. Here are nuclear fuel supply activation and gas storage engineering. Investment attracting based on the mining industry transparency is not the least of the aspect in their development. Reducing energy consumption is one of the key problems of the economy in Ukraine. Modernization of infrastructure, count devices use, development and subsequent implementation of innovative energy-efficient technologies and as a result, energy efficiency enhancement in the commercially producing sector and in housing and communal services let us to accelerate the problem solving rates of energy assurance.

This book is written in accordance with the domain knowledge "Electrical Engineering", and with specialty "Power Engineering" also as specialists for theoretical acquaintance with the basics of energy management and audit.

## ВСТУП

Вивчення енергетичного менеджменту та аудиту дозволяє проводити комплексний аналіз енергоспоживання, а так само його зміни в залежності від впроваджуваних енергозберігаючих заходів як на виробничих підприємствах так і в житлово-комунальному господарстві.

Основним завданням є вивчення стратегії енергетичного менеджменту та аудиту, загальний алгоритм, розробки пропозицій, спрямованих на зменшення використання кожного з видів енергоносіїв та оптимізацію структури енергоспоживання.

### Міжнародне поняття енергоаудиту

Енергоаудит як термін наведений в «Головній Книзі Енергоаудиторів» (Міжнародне Агенство з Енергетики, Шведська Рада з Досліджень в Сфері Будівництва, Стокгольм, 1987)

це систематична процедура яка:

- надає адекватне знання профілю існуючого енергоспоживання об'єкта;
- встановлює фактори, що впливають на споживання енергії;
- встановлює і вимірює економічно прийнятні можливості з економії енерговитрат;
- розробляє звіт.

Термін «Енергоаудит» визначає зміст робочого методу тільки в загальних рисах і не визначає реального обсягу, рівня деталізації і цілі аудиторської роботи. Назва, що дається діяльності енергоаудиту, різниться від країни до країни. Так в залежності від країни енергоаудит може мати назву типу «Визначення енергоспоживання», «Оцінка енергоспоживання», «Огляд енергоспоживання», та інш. при тому, що в кожному випадку дотримуються вищевказані критерії аудиту, і зберігаються базові елементи.

The study of energy management and audit allows us to conduct comprehensive analysis of energy consumption, as well as its change depending on the energy saving measures implemented in manufacturing plants as well as in housing.

The main objective is to study the strategy of the energy management and audit, general algorithm, development of proposals aimed at reducing each type of energy utilities use and optimization for energy consumption structure.

### The international concept of energy audits

Energy audit of the term specified in the "General Ledger energy auditors" (International Energy Agency, the Swedish Council for Research in Construction, Stockholm, 1987)

Energy audit is a systematic procedure where the purpose is to:

- evaluate, to give adequate knowledge of the existing energy consumption profile of the object;
- establish factors influencing energy consumption;
- set and measure economically feasible opportunities for energy savings;
- report the findings.

The concept "Energy Audit" defines the contents of the working method in general terms and does not specify the actual volume, the level of detail and objectives of the audit work. Given concept to the energy audit activities varies from country to country. So depending on the country "Energy Audit" mainly term is used for Europe can have a name like "Energy Assessment" for USA, and other names: "Energy Surveys" "Energy Scans" etc. but we all mean the same thing: identifying energy saving possibilities and reporting them to the owner.

---

## РОЗДІЛ 1.

---

# ВСТУП В | INTRODUCTION TO ЕНЕРГЕТИЧНИЙ | ENERGY МЕНЕДЖМЕНТ | MANAGENET ТА АУДИТ | AND AUDIT

### ***1.1. Сутність енергоаудиту. Energy Audit Model Theory***

Сутність енергоаудиту складається з трьох основних аспектів (см.рис.1) кожен з яких грає важливу роль в робочому методі:

The content of the energy audit consists of three main aspects (see Fig. 1), each of them plays an important role in the working method:



***Рисунок 1 Сутність енергоаудиту. Energy Audit Model Theory***

- оцінка поточного енергоспоживання;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- надання звіту (програми енергозбереження).

Зміст питання в тому як це виконано на практиці у різних країнах що стосується міст та рівнів аудитів.

- Evaluation of the current energy consumption. It is the heart of the energy audit;
- Determination of energy saving potential;
- Providing a report (energy saving program).

The “topping” is how it is done in practice in different countries concerning sites, levels of audits.

Якщо хоч один з елементів відсутній, вважається, що в даному робочому методі немає сутності енергоаудиту, і отже така діяльність не є енергоаудитом.

Ми повинні надати трохи історії по енергоаудиту. З 1980 року в багатьох країнах світу проводиться енергетичні обстеження. Аудити являються невід'ємною частиною у виявленні енергопотенціалу для того щоб підвищити енергоефективність. Енергетичне обстеження це діючий інструмент для зменшення як енерговитрат так і CO<sub>2</sub> – викидів. Можливо побачити енергетичне обстеження в використанні в угодах по енергоефективності, в куруванні збереженням навколишнього середовища, у керуванні енергетичним господарством у довготерміновому плануванні.

Виходячи з визначення робочого методу можна охарактеризувати енергоаудит. Енергоаудит – систематичний набір дій, який:

- відповідає загальним визначенням енергоаудиту;
- містить в собі сутність енергоаудиту.

Істотної різниці між термінами енергоаудит та енергетичне обстеження немає. У різних країнах існує ряд формулювань в державних документах.

«Енергетичне обстеження проводиться з метою оцінки ефективного використання енергетичних ресурсів та зменшення витрат споживачів на паливо і енергозабезпечення», - як стверджує Федеральний закон «Про енергозбереження» в Росії.

«Енергетичне обстеження підприємств, установ, організацій проводиться з метою оцінки ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та забезпечення їх економії» - сказано в Законі «Про енергозбереження» Республіки Білорусь.

If at least one of the elements is missing, it is considered that this working method have no content of energy audit, and therefore such activity is not energy audit.

We should provide a little bit history for Energy Audit. Since 1980 energy audit conducts in many countries. Audits is very essential for finding the most effective measures in order to improve energy efficiency. Energy auditing is great tool for reducing both energy costs and CO<sub>2</sub> –missions. We can see energy auditing in use for the energy efficiency agreements, environmental management, facility management long term planning, etc.

Based on the working method concept the energy audit can be described. Energy audit is a systematic set of activities which:

- corresponds to the common concept of energy audit;
- holds the content of the energy audit.

There is not significant difference between the concepts “energy audit” and “energy auditing”. In different countries there are a number of formulations in public documents.

"Energy auditing conducts to evaluate the efficient use of energy resources and reduce costs for the fuel and energy supply consumers," - as claimed by the Federal Law "On Energy Saving" in Russia.

"Energy auditing of enterprises, institutions, organizations conducted to evaluate the effectiveness of the energy resources use and to ensure their savings," - said in the Law "On Energy Saving" of the Republic of Belarus.

In "Rules for conducting Energy Auditing of organizations" of the

У «Правилах проведення енергетичних обстежень організацій» Міністерства палива та енергетики Росії надається майже аналогічна формулювання, але додається: «Енергоаудит – добровільне енергетичне обстеження, проведене за ініціативою споживача паливо-енергетических ресурсів».

У США енергетичний аудит - також називається як техніко-економічне обґрунтування або технічний звіт, звичайно необхідно визначити життєздатність при конкретному рівні розвитку технічних засобів або рентабельність проектів за допомогою яких можна зменшити споживання енергії та експлуатаційні витрати на виробництві. За допомогою енергоаудита можна оцінити енерговикористовуюче обладнання та визначити шляхи для підвищення працездатності системи.

Відповідно ж до Акта з енергозбереження 2001 року, енергетичний аудит визначено як «верифікація, моніторинг та аналіз використання енергії, включаючи додаток технічного рапорту, який містить рекомендації для підвищення енергоефективності за допомогою аналізу вартості та ефективності і плану дій спрямованих на зменшення споживання енергії».

У Європі енергетичне обстеження проводиться безпосередньо самим підприємством, а енергоаудит - зовнішнім, з боку.

Росіяни пропонують узагальнити ці поняття: енергетичне обстеження може бути обов'язковим і добровільним; енергоаудит – добровільним. У Білорусі та Україні ці поняття ототожнюються.

Фахівці, які проводять енергоаудит, повинні володіти наступними професійними навичками: знанням широковикористовуваних технологій, принципів ро-

Ministry of Fuel and Energy of Russia it provides almost the same formulation, with additional point: "Energy audit - a voluntary energy auditing is conducted by the initiative of fuel and energy resources consumer."

In the USA, Energy Audit is also referred to the feasibility study or technical report, the project viability at a specific level of engineering tool or project profitability must be determined you can reduce energy consumption and operating costs. With the help of energy audit you can estimate energy consumption equipment and to identify ways to improve system performance.

In conformity with the Act on energy efficiency in 2001, an energy audit is defined as "verification, monitoring and analysis of energy use, including the application of technical report containing recommendations for improving energy efficiency through cost-benefit analysis and action plan aimed at reducing energy consumption"

In Europe, the energy audit is carried out directly by the enterprise, and energy audits - external, from the side.

Russians offer to generalize these concepts: energy auditing may be mandatory and voluntary; Energy Audit - voluntary. In Belarus and Ukraine, these concepts are identified.

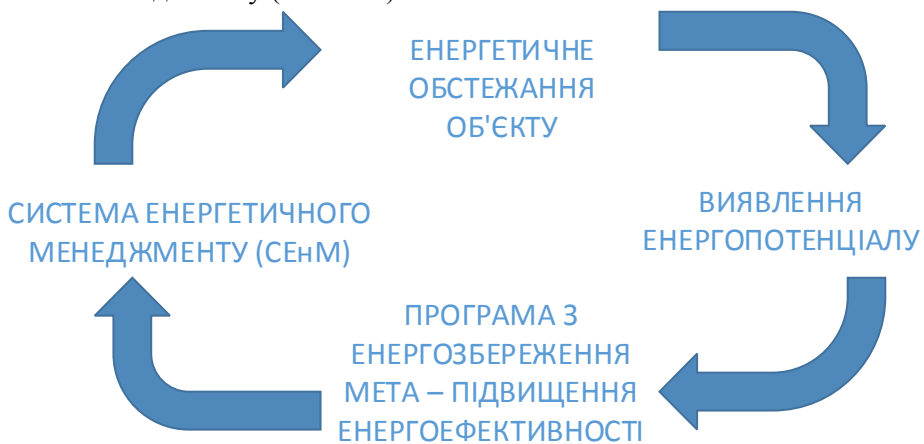
Specialists, carrying out energy audit, must have following skills: knowledge of the widely-used technologies, principles of operation and flowsheet design of the main energy consuming equipment (boilers, turbines, recuperative, regenerative, heat exchangers, dryers, heating systems, refrigerating systems, ventilation sys-

боти та схемних рішень основного енергоспоживаючого обладнання (котлів, турбін рекуперативних, регенеративних, теплообмінних апаратів, сушарок, систем опалення, вентиляції, і т.д.); умінням проводити розрахунки енергетичних балансів підприємств, об'єктів, окремих споживачів, виконувати перевірочні, конструктивні розрахунки енергоспоживаючого обладнання.

Енергоаудит припускає використання системної процедури в цілому, наявність системного підходу, тобто це не тільки енергетичне обстеження підприємства з метою отримати енергетичний паспорт, а це виявлення енергопотенціалу об'єкта дослідження, а також пропозиція програми з енергозбереження з метою підвищення енергоефективності і сюди ж запропонування до впровадження системи енергетичного менеджменту (см.Рис.2)

tems, etc.); the ability to do energy balance calculations for enterprises, facilities and individual consumers, to perform checking and rational design calculations of energy consuming equipment.

Energy audit implies a systems procedure use in general, the presence of a systems approach, ie it is not only Energy Auditing for company in order to produce an Energy Passport, but it is energy potential identification of the subject of inquiry, as well as energy saving program offer to improve energy efficiency, and here is the an energy management system implementation (see Fig.2)



**Рисунок 2 Енергоаудит як система.**

*Energy Auditing, Energy Potential Identification, Energy Saving Program, Energy Efficiency Enhancement, Energy System Management*

Енергетичний аудит можна представити у вигляді циклу, виходячи з дій незалежних експертів. Перше від чого відштовхується фахівець в роботі

Energy Audit can be represented as a cycle based on the independent experts activities. In the energy audit procedure conducting the first of a specialist make a



з проведення процедури енергоаудиту це збір даних, а саме чи проводилося енергетичне обстеження підприємства раніше і чи була впроваджена система енергетичного менеджменту (SEnM). Якщо так, то нове енергетичне обстеження коригується у зв'язку з діючою SEnM.

start from is a data collection, namely whether eneregy auditing was conducted previously and whether energy management system (SEnM) was implemented. If so, a following energy auditing is adjusted in relation to the current SEnM.

## **1.2. Енергетичний менеджмент. Energy Management**

Будемо говорити про двох стандартах які працюють з поняттями енергетичного менеджменту та SEnM.

- VDI 46021 - Енергоменеджмент;
- ISO 50001 - Система енергоменеджменту.

Що ж таке енергетичний менеджмент?

**Енергоменеджмент** – це координація одержання, перетворення, розподілу і використання енергії, з довгостроковою, організованою і системної структурою для виконання вимог з урахуванням екологічних та економічних цілей.

Під **системою енергоменеджменту** (SEnM) мається на увазі цілісність пов'язаних або взаємодіючих елементів для ведення енергополітики і установки стратегічних цілей з енергетики, а так само процеси та шляхи досягнення цих стратегічних цілей.

Згідно з визначенням Тернера і Кеннеді **енергоменеджмент** – раціональне та ефективне використання енергії для збільшення прибутку (зменшення витрат) і посилення конкурентноздатності. «Стратегія регулювання та оптимізації енергії, з використанням систем і процедур для зменшення енергозатрат на одиницю продукції при цьому утримуючи на тому ж самому рівні або зменшуючи валові витрати

Let's talk about the two standards dealing with the concepts of energy management and SEnM.

- VDI 46021 - Energy Management;
- ISO 50001 - Energy Management System.

What is an Energy Management?

**Energy Management** – is the coordination of producing, transforming, distribution and use of energy, with a forward-looking, organized and system structure to satisfy requirements with the environmental and economic purposes.

According to Turner and Kennedy definition of energy management is: “*The judicious and effective use of energy to maximize profits (minimize costs) and enhance competitive positions*”

Another comprehensive definition is “The strategy of adjusting and optimizing energy, using systems and procedures so as to reduce energy requirements per unit of output while holding constant or reducing total costs of producing the output from these systems”

The fundamental goal of energy management is to produce goods and provide services with the least cost and least environmental effect.

The objective of Energy Management is to achieve and maintain optimum ener-

при виробництві продукції.»

Мета енергетичного менеджменту полягає в досягненні і підтримці найбільш сприятливих умов для закупівлі енергоресурсів та утилізації їх усередині організації, враховуючи два основних аспекти:

- зменшення витрат / відходів не надаючи вплив на виробництво і якість продукції;
- зменшення техногенного впливу на навколишнє середовище.

Тепер виникає питання, а чи є можливість безперервно підвищувати енергозбереження за допомогою впровадження окремих заходів?

Нагадаємо, що енергетичний аудит українське виробниче підприємство зобов'язане проходити раз на 5 років. Що ж відбувається з показниками енергозбереження з плином часу. Компанія несе великі витрати на проведення енергоаудиту незалежними експертами і отримує програму енергозбереження (див. Рис.3а).

Як наслідок впроваджуваних енергозберігаючих заходів, підприємство економить ресурси. І як ми бачимо показник енерговитрат падає. Якийсь період впровадження окремих енергозберігаючих заходів дозволяє підприємству перебувати на плаву, утримуючи енергоспоживання на одному рівні. Проходить час і з'являються нові зміни в бізнесплані, ринкові умови, що вимагають нововведень згідно кількості випущеної продукції, її якості, спрацьовування устаткування, що вимагають технічного обслуговування і ремонту, що позначається на зростанні енергоспоживання і підходить час на проведення чергового енергоаудиту, що вимагає витрат з боку підприємства. Таким чином ми спостерігаємо зміну енерговитрат у вигляді синусоїди. І як висновок

energy procurement and utilisation, throughout the organization and taking into account two main points:

- To minimise energy costs / waste without affecting production & quality
- To minimize environmental effects.

Now we come up with question, is it possible to continuously improve energy efficiency through the implementation of certain activities?

We would remind you that Ukrainian manufacturing plant is obliged to Energy Auditing every 5 years. We explain what happens to the energy savings indicators in the course of time. The company incur heavy expenses for energy audit conducting by independent experts and have got energy saving program (see. Fig. 3a).

As a result of implemented energy saving measures, the company have a profit. As we can see the index of energy consumption falls. A period of time the implementation of the individual energy-saving measures allows the company to stay afloat, keeping power consumption at the same level. Time passes and new changes in the business plan, market conditions that require innovation according to the number of manufacturing products, its quality, plants wear requiring maintenance that affects the energy consumption growth are raised up and it is time to conduct energy audit requiring new costs to the enterprise. Thus, we can see an energy consumption change in the form of a sinusoid. As a result of observed area constant energy efficiency improvements cannot happen only due to the certain energy efficiency measures implementation.