



Хмельнюк, М. Г. Енергетичний менеджмент і аудит [Текст] = Energy management and audit : підручник. Ч. 1 / М. Г. Хмельнюк, О. Ю. Яковлева, О. В. Остапенко; під заг. ред. М.Г. Хмельнюка. - Херсон : Вид. Грінь Д.С., 2016. - 224 с. : табл., рис. - укр., англ. мовами ; ОНАХТ. - 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.

## ПЕРЕДМОВА

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

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 промислово-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.

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

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.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ВСТУП В ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТА АУДИТ .....	5
1.1. Сутність енергоаудиту.....	5
1.2. Енергетичний менеджмент.....	9
1.3. Основні поняття і терміни в енергозбереженні .....	15
1.4. Основні об'єкти енергоаудиту .....	24
1.5. Завдання енергоаудиту .....	25
РОЗДІЛ 2. ПРАВОВІ ОСНОВИ ЕНЕРГОАУДИТУ .....	26
РОЗДІЛ 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПЕР.....	32
РОЗДІЛ 4. СТРАТЕГІЯ ЕНЕРГОАУДИТУ .....	35
4.1. Права та обов'язки, етика і професійна підготовка енергоаудитора .....	36
4.2. Кваліфікація енергоаудитора .....	36
4.3. Факти не відповідності .....	39
4.4. Суб'єкти енергоаудиту.....	40
4.5. Замовник енергоаудиту та виконавець .....	40
4.6. Модель співвідношення обов'язків учасників проведення енергоаудиту .....	42
4.7. Енергосервісна і енергоаудиторська компанії .....	43
4.8. Енергетичний сервіс .....	50
4.9. Енергетичне обстеження об'єкта .....	52
РОЗДІЛ 5. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ .....	54
5.1. Системи електропостачання .....	57
5.2. Питання теплообміну.....	57

5.3. Теплогенеруючі установки.....	58
5.4. Холодильні машини і установки .....	62
5.5. Котельні і теплові мережі.....	64
5.6. Теплотехнології .....	65
5.7. Будинки і споруди.....	67
5.8. Альтернативні джерела енергії.....	71
5.9. Використання вторинних енергоресурсів .....	73
5.10. Поведінкове енергозбереження.....	74
<b>РОЗДІЛ 6. МЕТОДОЛОГІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ .....</b>	<b>76</b>
6.1. Вид і методологія .....	77
6.2. Експрес-енергоаудит і «підхід провідного продукту» .....	78
6.3. Комплексний енергоаудит та «підхід провідної перевірки».....	81
6.4. Практика енергоаудиту та «змішаний підхід».....	89
6.5. Вплив аспекту «ЩО ВИМАГАЄ КЛІЄНТ і НАЯВНІ РУСЕРСИ».....	90
6.6. Процедура проведення енергоаудиту.....	92
6.7. Процедура проведення енергоаудиту в Україні.....	94
6.8. Етап 1. Підготовчий .....	95
6.9. Етап 2. Експресе - енергоаудит.....	97
6.10. Етап 3. Комплексний енергоаудит .....	107
6.11. Етап 4. Мониторинг.....	127
<b>РОЗДІЛ 7. ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТ СПОЖИВАННЯ...</b>	<b>129</b>
7.1. Питомі норми енергоспоживання.....	131
7.2. Нормалізація енергоспоживання.....	132
7.3. Нормалізація питомих витрат енергоспоживання.....	134
<b>РОЗДІЛ 8. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПАСПОРТ .....</b>	<b>136</b>
8.1. Види енергетичних паспортів.....	140
8.2. Розробка енергетичного паспорта з проектної документації.....	142
8.3. Основна структура типового енергетичного паспорта будівлі.....	144
<b>РОЗДІЛ 9. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ .....</b>	<b>146</b>
9.1. Виробнича етика енергоменеджера .....	147
9.2. Впровадження стандарту ISO 50001: 2011 .....	148
9.3. Система енергетичного менеджменту (СЕНМ).....	151
9.3.1. Відповідальність керівництва.....	155
9.3.2. Енергополітика підприємства.....	158
9.3.3. Енергопланування.....	161
9.3.4. Рівень енергоефективності.....	166
9.3.5. Законодавчі вимоги.....	167
9.3.6. Енергоаналіз .....	168

9.3.7. Енергетична базова лінія.....	170
9.3.8. Індикатори енергоефективності .....	171
9.3.9. Енергоцілі, енергозадачі і плани дій в області енергоменеджменту .....	171
9.3.10. Впровадження та функціонування .....	173
9.3.11. Компетентність, навчання та обізнаність.....	177
9.3.12. Підтримка зв'язків .....	178
9.3.13. Документування та управління документами.....	179
9.3.14. Операційний контроль.....	180
9.3.15. Проектування.....	181
9.3.16. Перевірка.....	181
9.3.17. Оцінка та виконання законодавчий та інших вимог .....	183
9.3.18. Внутрішній аудит СЕНМ .....	183
9.3.19. Невідповідності, корекції, коригувальні та запобіжні дії.....	184
9.3.20. Управління записами.....	185
9.3.21. Аналіз з боку керівництва .....	185
9.3.22. Аудит .....	186
9.3.23. Процедура і форма аудиту в зв'язку з системами менеджменту .....	187
9.3.24. Види і форми аудитів.....	188
9.3.25. Основи проведення аудитів.....	189
9.3.26. ISO 19011 - Область застосування і поняття.....	189
9.3.27. Фази аудиту - Огляд.....	190
9.3.28. Менеджмент аудиторської програми.....	190
9.3.29. Компетентність.....	191
9.3.30. Внутрішній аудит ISO 50001.....	193
9.3.31. ISO 50001:2011 Проведення аудиту.....	194
9.3.32. Перевірка документації .....	195
9.3.33. Основи комунікації .....	196
9.3.34. Техніка ведення переговорів.....	200
9.3.35. Встановлені аудитом положення.....	204
9.3.36. Аудиторські висновки.....	205
9.3.37. Передача аудиторського звіту.....	205
9.3.38. Завершення аудиту.....	206
Питання для самоконтролю та задачі .....	206
Глосарій .....	214

## CONTENTS

ПЕРЕДМОВА .....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 .INTRODUCTION TO ENERGY MANAGENET AND AUDIT ...	5
1.1. Energy Audit Model Theory .....	5
1.2. Energy Management .....	9
1.3. Basic concepts and terminology in energy saving.....	15
1.4. The main objects of the energy audit .....	24
1.5. Energy audit objectives .....	25
РОЗДІЛ 2. LEGAL BASIS FOR THE ENERGY AUDITING .....	26
РОЗДІЛ 3. THE EFFECTIVE USE OF ENERGY RESOURCES .....	32
РОЗДІЛ 4. ENERGY AUDIT STRATEGY .....	35
4.1. Rights and rensponsobilities, ethics and professional energy auditor training .....	36
4.2. Energy auditor qualification.....	36
4.3. Inconsistency facts .....	39
4.4. Energy audit players.....	40
4.5. Energy audit customers and executors.....	40
4.6. Energy audit players resposibilities' model.....	42
4.7. Energy audit and energy service companies .....	43
4.8. Energy service .....	50
4.9. Energy audition of object.....	52
РОЗДІЛ 5. MAJORING DIRECTIONS IN THE ENERGY SAVINGS .....	54
5.1. Power supply systems .....	57
5.2. Heat exchange issues.....	57
5.3. Heat generators.....	58
5.4 Refrigerating machines and plants .....	62
5.5. Котельні і теплові мережі. Boiler and heating network.....	64
5.6. Heat Engineering.....	65
5.7. Buildings and structures .....	67
5.8. Alternative energy sources-.....	71
5.9. Utilization of secondary energy resouces .....	73
5.10. Behavioral energy saving .....	74
РОЗДІЛ 6. ENERGY AUDIT METHODOLOGY .....	76
6.1. Type and methodology of energy audit .....	77
6.2. Express energoaudit and "leading product approach" .....	78

6.3. A comprehensive energy audit and "leading test approach "	81
6.4... The practice of energy audit and "mixed approach"	89
6.5..Effect of aspect "that is required and available resources"	90
6.6. Energy Audit procedure.....	92
6.7. Energy Audit Procedure in Ukraine .....	94
6.8. Stage 1 Preparation.....	95
6.9. Stage 2 Express Energy Audit.....	97
6.10. Stage 3 Complex Energy Audit.....	107
6.11. Stage 4. Monitoring.....	127
<b>РОЗДІЛ 7. MAIN INDICATORS OF ENERGY CONSUMPTION .....</b>	<b>129</b>
7.1. Specific energy consumption standards .....	131
7.2. Energy consumption normalization.....	132
7.3. Specific energy consumption normalization .....	134
<b>РОЗДІЛ 8 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПАСПОРТ.....</b>	<b>136</b>
8.1. Types of energy passports .....	140
8.2. Development of energy certificates for the project documentation .....	142
8.3. The basic structure of a typical building energy performance certificate.....	144
<b>РОЗДІЛ 9. ENERGY MANAGEMENT.....</b>	<b>146</b>
9.1 Energy manager production ethics.....	147
9.2 Implementation of ISO 50001: 2011 .....	148
9.3. Energy Management System (EnMS) .....	151
9.3.1. Management's Responsibility .....	155
9.3.2. The energy policy of the enterprise.....	158
9.3.3. Energy planning.....	161
9.3.4. Energy efficiency level.....	166
9.3.5. Legal requirements .....	167
9.3.6. The energy analysis .....	168
9.3.7. Energy baseline .....	170
9.3.8. Energy Efficiency Indicators.....	171
9.3.9. Energy targets, energy objectives and action plans in the field of energy management .....	171
9.3.10. Implementation and operation.....	173
9.3.11. Competence, training and awareness.....	177
9.3.12. Liaising (Maintaining communications) .....	178
9.3.13. Documenting and records management .....	179
9.3.14. Operational control .....	180
9.3.15. Design.....	181



9.3.16. Checking.....	181
9.3.17. Evaluation and implementation of legislative and other requirements.....	183
9.3.18. Internal audit of EnMS.....	183
9.3.19. Discrepancies, corrections, corrective and preventive actions.....	184
9.3.20. Records Management.....	185
9.3.21. Management Review.....	185
9.3.22. Audit.....	186
9.3.23. Audit procedures and forms in connection with management systems..	187
9.3.24. Types and forms of audits.....	188
9.3.25. Ground for audits .....	189
9.3.26. ISO 19011 - Scope and definitions .....	189
9.3.27. Audit phase - Review .....	190
9.3.28. Management of audit programs .....	190
9.3.29. Competence.....	191
9.3.30. Internal audit ISO 50001 .....	193
9.3.31. ISO 50001:2011 Auditing.....	194
9.3.32. Document review .....	195
9.3.33. Basics of Communication .....	196
9.3.34. Negotiating skills.....	200
9.3.35. Installed audit provisions .....	204
9.3.36. Audit reports.....	205
9.3.37. Transmission of audit report .....	205
9.3.38. Completion of the audit .....	206
 Review questions and tasks.....	 206
Glossary.....	214