



**М. Г. Хмельнюк  
О. Ю. Яковлева  
О. В. Остапенко  
В. А. Бежан**



# **ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ДІАГНОСТИКА ТА АУДИТ**

**Частина II Книга 2**

# **ENERGY MANAGEMENT, DIAGNOSTICS AND ENERGY AUDIT**

**Part II Book 2**

**Mykhailo Khmelniuk  
Olga Yakovleva  
Oleksii Ostapenko  
Volodymyr Bezhan**



**Міністерство освіти і науки України  
Одеська національна академія харчових технологій  
Приазовський державний технічний університет**

# **ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ, ДІАГНОСТИКА ТА АУДИТ**

## **ENERGY MANAGEMENT, DIAGNOSTICS AND ENERGY AUDIT**

*Підручник  
в двох томах*

**За редакцією д.т.н., проф. Хмельнюка М.Г.**

*Textbook  
in two volumes*

**Edited by Dr. Sci., Prof. Khmelniuk M.G.**

**PART 2**

УДК 621.316:657.7  
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 № 16 від 3 липня 2019р.

- 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 установок і кондиціонування повітря ОНАХТ.  
Яковлева О.Ю., к.т.н., доц. кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ.  
Остапенко О.В., к.т.н., ст. викл. кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ  
Бежан В.А., к.т.н., доц., завідувач кафедри промислових теплоенергетичних установок та теплопостачання, Призовський державний технічний університет.

Під загальною редакцією  
доктора технічних наук, професора М.Г. Хмельнюка  
Хмельнюк М.Г., Яковлева О.Ю., Остапенко О.В., Бежан В.А.

**М. Г. Хмельнюка**  
Х 73 Енергетичний менеджмент і аудит: Навчальний посібник / [М. Г. Хмельнюк, О. Ю. Яковлева, О. В. Остапенко, В. А. Бежан] Під заг. ред. М. Г. Хмельнюк. – Одеса, 2019. – 292 с.  
ISBN 978-617-7613-59-5

Ця книга спрямована на підтримку України у виробленні політики щодо промислової енергетичної ефективності шляхом обміну міжнародним досвідом. Це пояснює передумови для успішної реалізації політики та програм, одночасно надаючи конкретні приклади. Загальна мета – стимулювання спільних дій з боку бізнесу, урядів та громадянського суспільства, спрямованих на досягнення мети покращити темпи підвищення рівня енергетичної ефективності до 2030 року.

Ми пропонуємо застосувати найкращі практики програми підвищення енергоефективності. Основними моментами є визнання енергоефективності як пріоритетного енергетичного ресурсу, що робить міцне, довготривале зобов'язання щодо економічно ефективної енергоефективності, як ресурсу; повідомлення про переваги та можливості для підвищення енергоефективності, забезпечуючи достатнє та стабільне фінансування програм, щоб забезпечити енергоефективність, коли це є економічно ефективним.

УДК 621.316:657.7  
ББК 31.392

This book is aimed at supporting Ukraine in industrial energy efficiency policy making through sharing international experiences. It explains preconditions for successful implementation of policies and programs while providing concrete examples. The overall objective is to stimulate joint actions from business, governments, and civil societies to help realize the goal of doubling the global Energy Efficiency Improvement Rate by 2030.

We offer to apply Energy Efficiency Program Best Practices. The main points are recognition of energy efficiency as a high priority energy resource, making a strong, long-term commitment to cost-effective energy efficiency as a resource; broadly communicate the benefits of, and opportunities for, energy efficiency, providing sufficient and stable program funding to deliver energy efficiency where cost-effective.

ISBN 978-617-7613-59-5

© Хмельнюк М.Г., Яковлева О.Ю.,  
Остапенко О.В., Бежан В.А. 2019

# ГЛАВА 1 / CHAPTER 1

## ПЕРЕДМОВА / PREFACE

*Якщо наше покоління не зробить неможливого, нас очікує немислиме.*

*Petra Kelli*

*If we don't do the impossible, we shall be faced with the unthinkable.*

*Petra Kelly*

Для сучасних українських спеціалістів нового покоління екологія, зелена економіка в зачепленні з енергетикою як енергетичним менеджментом так і аудитом являє собою якесь віртуальне поняття. Яке мало пов'язане з трансформацією у бізнес-процеси, не кажучи про отримання прибутку. Вище керівництво, яке зацікавлене в отриманні «швидких» грошей без довгострокового планування, створює перешкоду впровадженню принципів сталого розвитку в галузі, коли промисловість повинна відповідати вимогам ринку та бути конкурентоспроможною. Працюючи протягом багатьох років таким чином, ми відчуваємо, що це вдалий час для змін.

На Заході на виробничих підприємствах є спеціалісти, які відповідають за еколого-енергетичний менеджмент і керівник підприємства є головною особою, яка несе відповідальність за невиконання стандартів, якщо таке має місце бути.

Що в цей час відбувається в Україні та що ми повинні очікувати та чому слідувати в Україні в ці роки?

Фахівці розглядають Систему екологічного менеджменту, в більшій мірі, як неминуче зло, а не інструмент для вдосконалення, що працює на сталий розвиток підприємства на ряду з системою енергетичного менеджменту. Це відбувається через відсутність ефективної мотиваційної програми для оптимальної реалізації стандарту ISO 14001 від 2015р.

Суворе та чітке пояснення важливості та корисності системи екологічного менеджменту відіграє роль у позитивному рішенні керівництва компанії щодо впровадження системи енергоменеджменту у діючу систему екологічного менеджменту.

Для подолання відсутності зацікавленості у розробці та використанні стандарту ISO 14001

For the modern Ukrainian specialists of the new generation, ecology, the green economy in dealing with energy as an energy management and audit is a kind of virtual concept. It is a little associated with the transformation in business processes, let alone profit. Executives who is interested in obtaining "fast" money without long-term planning creates an obstacle to the implementation of sustainable development principles in the industry, when industry must meet market requirements and be competitive. Working for many years in this way, we feel that this is a good time for change.

In the West, manufacturing companies have specialists responsible for ecological and energy management and the head of the company is the main person responsible for the non-compliance of standards, if that is the case.

What does happen in Ukraine at this time and what should we expect and follow in Ukraine during these years?

Specialists consider the Environmental Management System, to a greater extent, as the inevitable evil, rather than a tool for improvement, which works on the sustainable development of the enterprise along with the system of energy management. This is due to the lack of an effective motivational program for optimal implementation of the ISO 14001 standard from 2015.

A strict and clear explanation of the importance and usefulness of the environmental management system plays a role in the positive decision of the company's management regarding the implementation of the energy management system in the existing system of environmental management.

In order to overcome the lack of interest in developing and using the ISO 14001 standard,

разом з ISO 50001 виникає дефіцит чіткого бачення його економічної складової у зв'язку з бізнес-плануванням, тобто його перевагами від управління фінансовими потоками для підприємства.

Крок на шляху інтеграції стандарту ISO 14001 з ключовими управлінськими стандартами поряд з системами планування ресурсів підприємства та менеджменту ресурсів клієнтів за допомогою введення єдиної структури з 10 ідентичних пунктів для всіх стандартів дозволяє розглядати його застосування прийнятним.

Ключове місце в такій структурі займає ризик менеджмент.

Цей інструмент, передбачає об'єднати всі управлінські стандарти шляхом застосування рівного підходу до виявлення та запобігання втрат. У цій зв'язці визначається економічна складова інструменту, через демонстрації вартості втрат, через прояви екологічних як проблем так і ризиків. Використовуючи інтегрований механізм для виявлення та управління ризиками, ми можемо спостерігати взаємозв'язок між різними аспектами його впливу як на різні види діяльності та процеси, так і на систему в цілому. У світі проведено безліч досліджень в області процесного підходу, який, все ж, нечасто використовується в якості інструменту для ведення фінансового аналізу та моніторингу після реалізації програми підвищення енергетичної ефективності.

Деякі компанії пропонують новий підхід до даного інструменту, шляхом впровадження ризик менеджменту, визначення та управління екологічними небезпеками і ризиками та отримання додаткової економічної вигоди поряд з запропонованою програмами по підвищенню енергоефективності протягом періоду моніторингу після проведення енергетичного аудиту.

У наш час «управління ризиками» один з найбільш уживаних процесів для виявлення, оцінки та контролю загрозів капіталу та доходів організації, беручи до уваги і управлінську практику, і повсякденне життя.

Ми не завжди чітко розуміємо глобальне значення цього поняття, не розуміємо, як використовувати ризик менеджмент у повсякденному житті компанії та як сильно ризик менеджмент пов'язаний з енергетичним менеджментом

along with ISO 50001, there is a lack of a clear vision of its economic component in relation to business planning, that is, its benefits from managing financial flows for the enterprise.

A step towards integrating the ISO 14001 standard with key management standards along with enterprise resource planning and customer resource management systems through the realization of a single structure of 10 identical items for all standards allows us to consider its application to be acceptable.

The key place in this structure is the risk management.

This tool involves combining all management standards by applying an equal approach to identifying and preventing losses. In this joining, the economic component of the instrument is determined, through the demonstration of the cost of losses, through the manifestation of environmental problems and risks. Using an integrated mechanism to identify and manage risks, we can observe the relationship between various aspects of its impact on both different activities and processes, and on the system as a whole. A lot of research in the field of process approach has been conducted in the world, which, however, is rarely used as an instrument for financial analysis and monitoring after implementation of the program for improving energy efficiency.

Some companies offer a new approach to this tool by introducing risk management, identifying and managing environmental hazards and risks, and obtaining additional economic benefits along with proposed energy efficiency programs during the monitoring period after an energy audit.

In our time, "risk management" is one of the most commonly used processes for identifying, assessing and controlling threats to capital and income of the organization, taking into account both management practices and everyday life.

We do not always have a clear understanding of the global significance of this concept, we do not understand how to use risk management in everyday life of a company and how much risk management is related to energy management and can improve energy efficiency.

та може покращити показники енергетичної ефективності.

Чи необхідно використовувати всі управлінські стандарти? Чи існує взаємозв'язок між ними? Що ж є зрозумілим для менеджменту і що є безумовним об'єктом для застосування інструментів менеджменту?

Противник бізнесу і будь-якої діяльності в цій галузі – це втрати. Це тягне за собою негатив і лежить в основі непрогнозованих помилок, що в свою чергу призводить до розпаду як великих холдингів так і корпорацій. Де необхідно шукати втрати і які дії робити для їх запобігання?

Від навчань Демінга, одного з творців теорії системного підходу до управління якістю, яка застосовується в більшості високоефективних компаній в країнах з розвинутою ринковою економікою до «теорії обмежень», ефективної методології управління будь-якою системою в будь-якому виді діяльності, розробленої в 1980-і роки Еліяху Голдраттом і базується на пошуку і управлінні ключовими обмеженнями системи, що визначає успіх і ефективність всієї системи в цілому.

Від навчань доктора Демінга одного із засновників теорії системного підходу до управління якістю, який використовується для більшості високопродуктивних компаній в країнах з розвинутою ринковою економікою, до теорії обмежень, парадигми управління, яка розглядає будь-які керовані системи які обмежені в досягненні більшості з своїх цілей за допомогою дуже невеликої кількості обмежень, що визначає успіх та ефективність системи в цілому.

Особливістю методології є те, що роблячи зусилля над управлінням дуже малою кількістю аспектів системи, досягається ефект, набагато перевищує результат одночасного впливу на всі або більшість проблемних областей системи відразу або по черзі, від простих інструментів до складних математичних моделей.

Відомі приклади успішного впровадження цих інструментів на глобальному ринку. Але прийняття правильного рішення ускладнюється для команди керівництва.

Відповідь на питання: «Який інструмент є найбільш підходящим для нас сьогодні, на даний момент, в конкретній ситуації?» це нелегкий вибір для тих, хто приймає рішення.

Is it necessary to use all management standards? Is there a relationship between them? What is understandable for management and what is an unconditional object for the application of management tools?

An opponent of business and any activity in this area is a loss. This entails a negative and underlying unpredictable mistakes, which in turn leads to the collapse of both large holdings and corporations. Where do you need to look for losses and what to do to prevent them?

From the teachings of Deming, one of the founders of the theory of a systematic approach to quality management, which is used in most high-performance companies in developed market economies to “theory of constraints,” an effective methodology for managing any system in any type of activity developed in the 1980s, and years of Eliyahu M Goldratt and is based on the search and management of key system constraints that determine the success and effectiveness of the entire system as a whole we can find in the «The Goal: A process of Ongoing Improvement» by Eliyahu M Goldratt. And Jeff Cox (1992, Revised).

From the beginnings of Dr. Deming, one of the founders of the system approach to quality management, used for most high-performance companies in developed market economies, to theory of constraints, a management paradigm that addresses any managed system that is limited in achieving most of its goals for with very few constraints that determine the success and effectiveness of the system as a whole.

The methodology peculiarity is that, by making efforts to manage a very small number of aspects of the system, an effect is achieved which far exceeds the result of simultaneous impact on all or most of the problem areas of the system, either one by one, or from simple tools to complex mathematical models.

Widely known examples of successful implementation of these tools in the global market. But making the right decision is complicated for the team of leadership.

The answer to the question: “Which tool is most suitable for us today, at the moment, in a particular situation?” This is an easy choice for decision makers.

Які втрати мають вирішальне значення, незалежно від виду діяльності, промислового сектору, у роботі?

Втрати – це наслідки проістекшого ризику. Ризику, який не потрапив в систему прогнозу. Тепер зрозуміло, що для успішного розвитку енергетичного менеджменту та ділового життя існує потреба в управлінні ризиками.

Отже підприємство не може обходитися без інтеграції ризик-менеджменту в систему енергетичного менеджменту.

Бізнес регулярно опиняється перед дилемою – відважитися на ризикований крок, щоб виграти або відмовитися від змін через страх втрати. Будь-які компанії, які не будуть вносити зміни, ризикують залишити позаду, що широко відомо.

Проблема вибору стала критичною величиною в сучасних умовах невизначеності, кризи, інфляції, які стали знаковими і які не можна ігнорувати. Ризик-менеджмент в українському бізнесі асоціюється з дорогими консультантами без певної впевненості в успішності енергетичного проекту. Чи є потреба запрошувати консультантів або можна отримати додаткову освіту? Чи можна самим ефективно управляти процесом або необхідно поклатися на зовнішні джерела?

Ми маємо нові версії стандартів ISO 9001 та ISO 14001, ISO 50001, і ми можемо бачити головну ідею під час дослідження завдяки команді ISO «Можливо, найважливішою зміною для версії 2018 є включення структури високого рівня, яка передбачає покращення сумісності із іншими стандартами систем менеджменту». Структура високого рівня (HLS) – це проста та ефективна концепція. «Оскільки організації часто впроваджують ряд стандартів системи управління, використання спільної структури, а також багатьох з тих самих термінів та визначень, допомагає утримати речі простими», – пояснює професор Десай. Це особливо корисно для тих організацій, які вирішили керувати єдиною (іноді «інтегрованою») системою управління, яка може відповідати вимогам двох або більше стандартів системи управління одночасно.

Можна побачити, що в наступних міжнародних стандартах ризик-менеджмент є обов'яз-

What losses are decisive, regardless of the type of activity, the industrial sector, in the work?

Losses are the consequences of extraneous risk. The risk that did not get into the forecast system. Now it is clear that there is a need for risk management for the successful development of energy management and business life.

Therefore, the company cannot cope without the integration of risk management into the energy management system.

Business regularly faces a dilemma – take a risky step to win or refuse to change because of the fear of loss. Any company that will not make changes risk leaving behind, drop progress what is widely known.

The problem of choice has become critical in modern minds of uncertainty, crisis, inflation, which have become significant and which cannot be ignored. Risk management in the Ukrainian business is associated with expensive consultants without any certainty about the success of the energy project. Is there a need to invite consultants or can you get additional education? Is it possible to manage the process most effectively or need to rely on external sources?

We have new versions of ISO 9001 and ISO 14001, ISO 50001 and we can see the main idea behind the research with the ISO team. “Perhaps the most important change for 2018 is the inclusion of a high-level structure that enhances compatibility with other management system standards”. A high-level structure (HLS) is a simple and effective concept. “Because organizations often implement a number of management control standards, the use of a common structure, and many of the same terms and definitions, helps keep things simple,” explains Professor Desai. This is particularly useful for organizations that have decided to manage a single (sometimes “integrated”) management system that can meet the requirements of two or more management system standards at the same time.

You can see that in the following international standards risk management is mandatory or recommended. Below is the list

ковим або рекомендованим. Нижче наведено цей перелік, який може забезпечити створення системи управління ризиками на будь-якому підприємстві, що враховує будь-які аспекти діяльності підприємства:

- ISO 31000 (ризик менеджмент) [1]
- ISO 31010 (методи оцінки ризику) [2]
- ISO 9001-2015 (менеджмент якості) [3]
- ISO 50001 (система енергетичного менеджменту) [4]
- ISO 14001-2015 (екологічний менеджмент) [5]
- ISO 18001 (менеджмент охорони праці) [6]
- ISO 27001 (інформаційна безпека) [7]
- ISO 22301 (безперервність бізнесу) [8]
- ISO 28000 (ризики в області логістики і ланцюги поставок) [9]
- IRIS (менеджмент якості для постачальників ж / д) [10]
- ISO / TS 16949 (менеджмент якості для постачальників автоіндустрії) [11]
- RBI (інспекція, заснована на оцінці ризиків) [12]
- HAZOP (методика роботи з ризиками) [13]
- TDD (оцінка фактичного стану обладнання). [14]

Ми рекомендуємо перейти від звичайного процесу сертифікації та дотримання формальних вимог стандартів для створення системи управління ризиками, які можуть бути інтегровані в систему енергоменеджменту, в тому числі вона стане помічником на ринку з високою динамікою змін середовища.

### **Оцінка технічного стану обладнання та систем**

З того, що розяснює TMS Україна, яка є офіційним представником TÜV SÜD в Україні. При покупці і придбанні у власність нових технологічних об'єктів або при плануванні реконструкції існуючих в наслідок застосування програми підвищення енергоефективності, ключовим моментом є об'єктивна оцінка технічного стану обладнання і систем.

Така оцінка є важливим інструментом гарантування фінансових вкладень на основі перевірених поточних даних та планових енергетичних проектів.

that can provide a risk management system for any enterprise that takes into account any aspects of the enterprise's activities:

- ISO 31000 (Risk Management Framework)
- ISO 31010 (Risk Assessment Techniques)
- ISO 9001-2015 (Quality Management)
- ISO 50001 (Energy Management)
- ISO 14001-2015 (Environmental Management)
- ISO 18001 (Occupational Safety Management)
- ISO 27001 (Information Security)
- ISO 22301 (Business Continuity)
- ISO 28000 (Supply chain security certification)
- IRIS (Quality Management for Railway Suppliers)
- ISO / TS 16949 (Quality Management for Automotive Suppliers)
- RBI (Inspection based on risk assessment)
- HAZOP (Risk Management Methodology) Hazard Identification and Risk Assessment
- TDD (Evaluation of the actual state of equipment).

We recommend switching from the normal certification process and meeting the formal requirements of standards to create a risk management system that can be integrated into the energy management system, including helping them with a high-impact market environment.

### **Assessment of technical condition of equipment and systems**

From what explains TMS Ukraine, which is the official representative of TÜV SÜD in Ukraine. When purchasing and acquiring new technological facilities or planning reconstruction of the existing energy efficiency improvement program, the key point is an objective assessment of the technical condition of equipment and systems.

Such an assessment is an important tool for guaranteeing financial investments based on verified data and planned energy projects.

The basis of effective management of the enterprise is also maintenance of efficiency

Основою ефективного управління для підприємства є також моделювання стратегій підтримки ефективності та безпеки систем, а також для оцінки ефектів та рентабельності інвестицій протягом усього життєвого циклу активів.

Пріоритетними елементами передбачуваної рентабельності підприємства і якості виробленої продукції є координація процедур та політика управління (екологічна, економічна, енергетична, та інш.) підприємством, яка включає в себе стратегію обслуговування технологічного обладнання.

Багатоцільові підходи, розроблені експертами, демонструють енергетичний потенціал, який дозволяє скоротити витрати компанії на 20%, що дозволяє підвищити рентабельність існуючих підприємств та визначити основи для ефективного функціонування майбутніх промислових майданчиків на етапі їх дизайну. Своєчасна оцінка технічного стану системи дозволяє нам розширити традиційний інженерний підхід за допомогою сучасних методів оптимізації виробничих процесів.

#### **Підхід TÜV SÜD:**

- оцінка технічних ризиків (RBI: Risk Based Inspection);
- оцінка рівня енергетичної ефективності систем;
- підвищення ефективності мереж енергозабезпечення;
- розробка концепції використання вторинних енергоресурсів (VER);
- інструментальне тестування продуктивності окремих установок;
- висновки про придатність до експлуатації;
- оптимізація концепції обслуговування та ремонтів обладнання;
- оцінка інвестиційних стратегій і рекомендації по їх оптимізації;
- оцінка існуючого стану та висновки про терміни служби устаткування;
- незалежні інспекції при реалізації проектів.

#### **Переваги для підприємства:**

- отримання об'єктивної картини стану обладнання і можливість вибору рішень в залежності від кінцевих цілей і пріоритетів;
- наявність ефективного інструменту для при-

and safety of production systems, as well as optimization of expenses during their life cycle.

The priority elements of the expected profitability of the enterprise and the quality of the manufactured products is the coordination of the procedures and policies of enterprise management, which includes a strategy for servicing technological equipment.

The multi-purpose approaches developed by experts demonstrate the energy potential and the possibility of using the productivity reserves, which allows reducing the company's costs by 20%, which allows to increase the profitability of existing enterprises, and to determine the basis for the effective functioning of future industrial sites at the stage of their design. The timely assessment of the technical state of the production systems allows us to expand the traditional engineering approach with the help of modern methods of optimizing production processes.

#### **TÜV SÜD approach:**

- Technical Risk Assessment (RBI: Risk Based Inspection);
- assessment of the energy efficiency of systems;
- increase of efficiency of energy supply networks;
- development of the concept of using secondary energy resources (VER);
- instrumental testing of the performance of individual installations;
- conclusions on suitability for use;
- optimization of the concept of maintenance and repair of equipment;
- assessment of investment strategies and recommendations for their optimization;
- an assessment of the current state and conclusion of the service life of the equipment;
- independent inspections in the implementation of projects.

#### **Benefits for the enterprise:**

- obtaining an objective picture of the state of equipment and the possibility of choosing solutions depending on the ultimate goals and priorities;

- йняття комплексних рішень;
- можливість адаптації кращих інженерних практик;
- орієнтація на міжнародні стандарти;
- впевненість у правильності побудови концепції модернізації;
- отримання додаткових гарантій при кредитуванні.

Тільки комплексний системний підхід до вирішення екологічних і енергетичних проблем на базі впроваджених стандартів в системі функціонування виробничого підприємства дасть ефективний результат, спрямований на підтримку екологічної та енергетичної безпеки та сталого розвитку як самого підприємства так і України в цілому.

## РОЗДІЛ 1

### 1.1 Зелена економіка та екологічний менеджмент

Екологічний менеджмент [5]- це сукупність дій з боку компаній спрямованих на вирішення екологічних проблем при оцінці їх позиції по відношенню до навколишнього середовища, розробці та впровадженні політики і стратегії, з метою поліпшення цієї позиції, що супроводжуються зміною систем управління, для забезпечення вдосконалення і ефективного управління. Деякі автори трактують екологічний менеджмент, як екологічно усвідомлене управління підприємством. Екологічна ефективність підприємства набуває все більшого значення для внутрішніх і зовнішніх зацікавлених сторін. Для досягнення високої екологічної ефективності потрібно, щоб підприємство прийняло на себе зобов'язання застосовувати системний підхід і покращувати, безперервно вдосконалювати систему управління навколишнім середовищем. Екологічна ефективність досягається за рахунок екологічного менеджменту. Екологічний менеджмент – ініціативна і результативна діяльність економічних суб'єктів підприємства, спрямована на досягнення їх власних екологічних цілей, проектів і програм, розроблених на основі принципів ефективності екологічної діяльності суб'єкта. Компанія повинна самостійно оцінювати наслідки різноманітного впливу на здоров'я та навколишнє середови-

- availability of an effective tool for making comprehensive decisions;
- the possibility of adapting the best engineering practices;
- orientation to international standards;
- Confidence in the correctness of the construction of the concept of modernization;
- obtain additional guarantees in lending.

Only a comprehensive system approach to solving environmental and energy problems based on the implemented standards in the operating system of a production enterprise will provide an effective result aimed at supporting ecological and energy security and sustainable development of both the company itself and Ukraine as a whole.

## CHAPTER 1

### 1.1 Green economy and environmental management

Environmental management is a set of actions by companies aimed at solving environmental problems in assessing their position in relation to the environment, developing and implementing policies and strategies, in order to improve this position, accompanied by changes in management systems, to ensure improvement and effective management. Some authors treat ecological management as environmentally conscious enterprise management. The environmental effectiveness of the enterprise is becoming increasingly important for both internal and external stakeholders.

To achieve high environmental performance, it is imperative that the company undertakes to apply a systematic approach and improve the continuous improvement of the environmental management system. Environmental efficiency is achieved through environmental management. Environmental management – an initiative and effective activity of economic entities, aimed at achieving their own environmental goals, projects and programs developed on the basis of the principles of the environmental performance of the entity.

# ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	5
<b>РОЗДІЛ 1</b> .....	11
1.1 Зелена економіка та екологічний менеджмент .....	11
1.2 ISO 14001. Впровадження ефективної системи екологічного менеджменту в Україні. ....	20
1.3 Інтеграція системи енергетичного менеджменту в робочу систему екологічного менеджменту підприємства .....	27
1.4 Аналіз потоків енергії .....	39
1.5 Енергозберігаючі стратегії HVAC систем. ....	48
<b>Література (глава 1)</b> .....	59

# CONTENT

<b>PREFACE</b> .....	5
<b>CHAPTER 1</b> .....	11
1.1 Green economy and environmental management .....	11
1.2 ISO 14001. Implementation of an effective environmental management system in Ukraine.....	20
1.3 Integration of the energy management system into the operational system of environmental management of the enterprise .....	27
1.4. Analysis of energy flows .....	39
1.5. Energy Saving Strategies for HVAC Systems. ....	48
<b>Literature (chapter 1)</b> .....	59

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	67
2.1 Системи виробництва холоду. ....	70
2.2 Компоненти системи охолодження .....	73
<b>2.2.1 Компресори</b> .....	74
<b>2.2.2 Конденсатори</b> .....	78
<b>2.2.3 Випарники</b> .....	83
<b>2.2.4 Дросельні пристрої</b> .....	86
<b>2.2.5 Допоміжні пристрої</b> .....	88
2.3 Парокомпресійна холодильна машина. ....	92
<b>2.3.1 Енергетичний аналіз парокомпресійного холодильного циклу</b> .....	96
<b>2.3.2 Дійсний парокомпресійний холодильний цикл</b> .....	99
2.4 Абсорбційна холодильна машина. ....	104
<b>2.4.1 Енергетичний аналіз АХУ</b> .....	112
<b>2.4.2 АХУ з одним ефектом</b> .....	116
<b>2.4.3 АХУ з подвійним ефектом</b> .....	118
<b>2.4.4 Кристалізація робочого тіла</b> .....	120
2.5 Холодильні агенти .....	121
<b>2.5.1 Регулювання на законодавчому рівні</b> .....	128
<b>2.5.2 Варіанти альтернативних холодильних агентів</b> .....	134
<b>2.5.3 Монреальський протокол</b> .....	139
<b>2.5.4 Директива MAC (EU)</b> .....	140
<b>2.5.5 Регулювання F-газу</b> .....	141
<b>2.5.6 SNAP (US)</b> .....	144
<b>2.5.7 Класифікація холодоагентів</b> .....	147
<b>2.5.8 Префікси та декодування хладагентів</b> .....	152
<b>2.5.9 Ізомери</b> .....	155
<b>2.5.10 Вторинні хладагенти(холодоносії)</b> .....	157
<b>2.5.11 Комбінації агент-сорбент</b> .....	157
<b>2.5.12 Вплив на озоновий шар</b> .....	160
<b>2.5.13 Альтернативні хладагенти</b> .....	175
<b>2.5.14 Вибір холодоагентів</b> .....	180
<b>2.5.15 Термофізичні властивості хладагентів</b> .....	181
<b>2.5.16 Масла та їх вплив</b> .....	182
2.6 Системи виробництва енергії з вугілля. ....	184
<b>2.6.1 Парові електростанції</b> .....	190
<b>2.6.2 Виробництво електроенергії на вугіллі</b> .....	196
<b>2.6.3 Непряма енергетична система комбінованого циклу вугілля</b> .....	202

2.6.4 Силовий цикл НІРРS .....	203
2.6.5 Переоснащення існуючих систем виробництва енергії з використанням НІРРS .....	213
2.6.6 Конфігурації НІРРS .....	215
2.6.7 Можливості та перешкоди .....	218
2.6.8 Альтернативи паровому циклу Ренкіна .....	220
2.6.9 Цикл Каліни .....	229
2.6.10 Органічний цикл Ренкіна .....	230
2.6.11 Цикл Госвами .....	231
2.6.12 Комбіновані цикли .....	232
2.7 Комбіновані системи виробництва тепла, електроенергії та холоду.....	238
2.7.1 Когенерація .....	238
2.7.2 Тригенерація .....	277
2.7.3 Внесок систем когенерації та тригенерації в цілі міжнародної політики .....	284
2.7.4 Внесок систем когенерації та тригенерації в цілі міжнародної співпраці та розвитку.....	288
Література (глава 2) .....	290

## CONTENT

<b>PREFACE</b> .....	67
2.1 Cold production systems.....	70
2.2 Refrigeration System Components .....	73
<b>2.2.1 Compressors</b> .....	74
<b>2.2.2 Condensers</b> .....	78
<b>2.2.3 Evaporators</b> .....	83
<b>2.2.4 Throttling Devices</b> .....	86
<b>2.2.5 Auxiliary Devices</b> .....	88
2.3 Vapor-Compression Refrigeration Systems.....	92
<b>2.3.1 Energy Analysis of Vapor-Compression Refrigeration Cycle</b> .....	96
<b>2.3.3 Practical Vapor-Compression Refrigeration Cycle</b> .....	99
2.4 Absorption–Refrigeration Systems (ARSs).....	104
<b>2.4.1 Energy Analysis of an ARS</b> .....	112
<b>2.4.2 Single-Effect ARS</b> .....	116
<b>2.4.3 Double-Effect ARS</b> .....	118
<b>2.4.4 Crystallization</b> .....	120
2.5 Refrigerants.....	121
<b>2.5.1 Regulations</b> .....	128
<b>2.5.2 Alternative Refrigerants Options</b> .....	134
<b>2.5.3 Montreal Protocol</b> .....	139
<b>2.5.4 MAC Directive (EU)</b> .....	140
<b>2.5.5 F-Gas Regulation (EU)</b> .....	141
<b>2.5.6 SNAP (US)</b> .....	144
<b>2.5.7 Classification of Refrigerants</b> .....	145
<b>2.5.8 Prefixes and Decoding of Refrigerants</b> .....	152
<b>2.5.9 Isomers</b> .....	155
<b>2.5.10 Secondary Refrigerants (coolants)</b> .....	157
<b>2.5.11 Refrigerant–Absorbent Combinations</b> .....	157
<b>2.5.12 Stratospheric Ozone Layer</b> .....	160
<b>2.5.13 Alternative Refrigerants</b> .....	175
<b>2.5.14 Selection of Refrigerants</b> .....	180
<b>2.5.15 Thermophysical Properties of Refrigerants</b> .....	181
<b>2.5.16 Lubricating Oils and Their Effects</b> .....	182
2.6 Coal-based power generating systems.....	184
<b>2.6.1 Steam power plants</b> .....	190
<b>2.6.2 Power generation using coal</b> .....	196
<b>2.6.3 Indirect coal-fired combined cycle power system</b> .....	202

2.6.4 HIPPS power cycle .....	203
2.6.5 Repowering approach .....	213
2.6.6 HIPPS power cycle configurations .....	214
2.6.7 Opportunities and barriers .....	215
2.6.8 Alternatives to steam Rankine cycles .....	220
2.6.9 Kalina cycle .....	229
2.6.10 Organic Rankine cycle .....	230
2.6.11 Goswami cycle .....	231
2.6.12 Combined cycles .....	232
2.7 Combined Heat, Power and Refrigeration systems. ....	238
2.7.1 Cogeneration .....	238
2.7.2 Trigeneration .....	277
2.7.3 Contribution of cogeneration and trigeneration systems to International Policy Goals .....	284
2.7.4 Contribution of cogeneration and trigeneration systems to International and Development Cooperation Goals.....	288
Literature (chapter 2) .....	290