



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



ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ДІАГНОСТИКА ТА АУДИТ

Частина II Книга 1

ENERGY MANAGEMENT, DIAGNOSTICS AND ENERGY AUDIT

Part II Book 1

***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 I

УДК 621.316:657.7
ББК 31.392
X 73

*Копіювання, сканування, запис на електрон-
ні 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 2018р.*

- 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 тепlopостачання, Приазовський державний технічний університет.

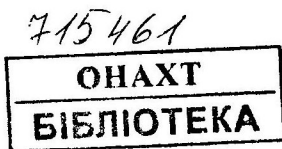
Під загальною редакцією
доктора технічних наук, професора М.Г. Хмельнюка
Хмельнюк М.Г., Яковлева О.Ю., Остапенко О.В., Бежан В.А.

М. Г. Хмельнюка
Х 73 Енергетичний менеджмент і аудит: Навчальний посібник / [М.Г. Хмельнюк, О.Ю. Яковлева, О.В. Остапенко, Бежан В.А.] Під заг. ред. М.Г. Хмельнюк. – Одеса, 2018. –272 с.
ISBN 978-617-7613-58-8

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 978-617-7613-58-8

© Хмельнюк М.Г., Яковлева О.Ю.,
Остапенко О.В., Бежан В.А. 2018

ГЛАВА 1 / CHAPTER 1

ПЕРЕДМОВА / PREFACE

Сталий розвиток в промисловості

Енергоефективність, навколишнє середовище, здоров'я, збереження енергії та сировини, нова нормативно-правова база, «зелені будівлі» це деякі показники теми, що стосуються сталого розвитку.

Концепція сталого розвитку отримала визнання, але цю ідею для багатьох керівників підприємств потрібно проробляти з поновленнями за допомогою експертів. Для більшості з представників промисловості, концепція залишається абстрактною і теоретичною. Захист капітальної бази організації – це розповсюджений бізнес-принцип. Організації повинні поширювати це поняття на природні та людські ресурси у глобальному масштабі.

Для того, щоб отримати максимальні привілеї, сучасне промислове підприємство повинно інтегрувати сталий розвиток зі своїми принципами та технологіями в систему планування та вимірювання. Концепція формується в термінах, знайомих керівникам бізнесу за наступними визначеннями: для промислового підприємства сталий розвиток – це прийняття бізнес-стратегій та заходів, які задовольняють потреби підприємства та його зацікавлених сторін, одночасно захищаючи, підтримуючи та зміцнюючи людські та природні ресурси, які можуть бути потрібні в майбутньому.

Світова комісія з навколишнього середовища та розвитку визнає, що економічний розвиток повинен відповідати потребам підприємства та його зацікавлених сторін. Акціонери, кредитори, клієнти, працівники, постачальники та громади, які підвержені впливу від діяльності організації можуть бути зацікавленими сторонами. Це також підкреслює залежність бізнесу від людських та природних ресурсів, на ряду з фізичним та фінансовим капіталом. Підкреслюється, що економічна діяльність не повинна незмінно погіршувати чи знищувати ці природ-

Sustainable development in Industry.

Energy efficiency, environment, health, energy savings and raw materials conservation, a new regulatory framework, “green” buildings are some indicators of the topic related to sustainable development.

The sustainable development concept is recognized, but for many business leaders the idea should be updated with experts help. For the majority from Industrial Representatives, the concept remains abstract and theoretical. The organization's capital base protection is a common and well-accepted business principle. Organizations should extend this concept to natural and human resources on a global scale.

In order to obtain maximum privileges, modern industrial enterprise should integrate the sustainable development with its principles and technologies into the planning and measuring systems. The concept must be articulated in terms that are familiar to the top-management by the following definitions: for Industrial Enterprise, sustainable development means a business strategies and measures adopting that meet the enterprise and its stakeholder's needs, while simultaneously protecting, supporting and strengthening the human and natural resources that can be required in the future.

Economic development must meet the enterprise and its stakeholder's needs, recognizes The World Commission on Environment and Development. Shareholders, lenders, customers, employees, suppliers and communities who are affected by the organization's activities can be stakeholders. It emphasizes the business dependence on human and natural resources, together with physical and financial capital. It stresses economic activities must not irreparably degrade or destroy these natural and human resources. This derivation should

ні та людські ресурси. Це визначення має допомогти керівництву застосувати концепцію сталого розвитку для розвитку їх власних організацій. Важливо пам'ятати, що сталий розвиток не може бути досягнутий окремо одним підприємством або окремою діловою спільнотою в ізоляції від інших. Сталий розвиток є поширеною філософією, до якої кожен учасник глобальної економіки (включаючи споживачів та уряд) повинен підписатись, щоб задовольнити наші потреби без того щоб не зруйнувати любу мовливість для задоволення потреб майбутнього покоління

Наслідки для бізнесу

Це спільна річ, що проблеми навколишнього середовища є значними, і що економічне зростання сприяє росту їх кількості. Та ми маємо загальну відповідь – більш жорстке регулювання навколишнього середовища, яке гальмує зростання. Результатом може бути компроміс між безпечним навколишнім середовищем, і здоровим економічним ростом. Як наслідок, ми можемо визначити, що можливості для бізнесу будуть обмеженими.

На практиці існують деякі форми розвитку, які є екологічними та соціально стійкими. Вони ведуть до поліпшеного оточуючого середовища, разом із розвитком, який не зменшує екологічний капітал. Сталий розвиток – це революційна зміна у нашому способі підходити до вирішування цих завдань.

Промисловість разом з суспільством можуть знайти підходи, які будуть спрямовані на досягнення всіх чотирьох цілей – охорона навколишнього середовища, соціальне благополуччя, енергетична безпека та економічний розвиток – одночасно.

Сталий розвиток створює можливості для постачальників «зелених споживачів», розробників екологічно безпечних матеріалів та процесів, фірм, які приймають інвестиційні рішення щодо екологічної ефективності, та тих, хто займається питаннями соціального благополуччя. Ці підприємства мають конкурентну перевагу. Вони зароблять добру репутацію місцевої громади і побачать, що їхні зусилля увінчалися успіхом.

help top-management apply the sustainable development concept to the development of their own organizations. It is important to remember that sustainable development cannot be achieved separately by one enterprise or the entire business community in isolation from others. Sustainable development is a common philosophy to which every global economy participant, including consumers and the government, must subscribe to meet our needs, without destroying any ability for future generations to meet their own.

What consequences it brings to the business

It is common thing that environmental problems are significant, and that economic growth contributes to their growth. Here we have common response to it, it is harsher environmental regulation, which hinders economic growth. The result can be a trade-off between a healthy environment and healthy growth. As a result, we can find that business opportunities may be constrained.

In practice there are certain forms of development that are both environmentally and socially sustainable. These forms lead to an improved environment and this type of development does not draw down environmental capital. Sustainable development is a revolutionary change in the way we approach solving of these problems.

Industry together with societies can define approaches that can move towards all four goals – environmental protection, social wellbeing, energy security and economic development - simultaneously.

Sustainable development makes opportunities for suppliers of 'green consumers', environmentally friendly materials and processes developers, firms that make investment decisions for ecological efficiency, and those that engage themselves in social well-being issues. These enterprises have a competitive advantage. They will earn their regional community's goodwill and see their efforts crowned with success.

Незважаючи на те, що традиційно бізнес прагне до точності та практичності в якості основи своїх планових зусиль, сталий розвиток є концепцією, яка не піддається простому та універсальному визначенню. Він змінюється за часом у відповідь на посилення інформаційних та суспільних пріоритетів. Роль бізнесу у сприянні сталого розвитку залишається невизначеною. Основною метою одного бізнесу – заробляти гроші, інші визнають ширшу соціальну роль. Серед лідерів бізнесу немає консенсусу щодо найкращого балансу між власним інтересом (прибуток) та діями, які вживаються на благо суспільства.

Деякі галузі сталого розвитку залишаються технічно невизначеними, що створює складнощі для створення ефективного Плану дій. Проте для того, щоб діяти в здоровій обстановці та економіці, це найкращий спосіб для сьогоднішніх компаній, якщо вони хочуть залучити іноземні інвестиції, вийти на світовий ринок і отримувати прибуток стратегічним шляхом.

Керівники повинні розуміти, що сталий розвиток та управління навколишнім середовищем не є синонімом. З точки зору оперативних цілей, екологічна безпека є практичною метою для промислових компаній, якщо ми затягнемо сталий розвиток до прийняття рішень, це ставить цілі компанії у стратегічний пакет. Не плутайте.

Світовий ринок бізнесу робить акцент на управління навколишнім середовищем, український - робить акцент на швидке зростання прибутку, що має високий пріоритет. Екологічний сектор поставив економіку під постійним тиском, щоб підштовхнути її на шляху до інвестицій у відновлення навколишнього середовища разом із вирішенням інших завдань. Для того, щоб підтримувати постійний розвиток, шляхом сталого розвитку, компанії повинні мати можливість відповісти на всі ці розглянуті питання.

Щоб підтримати принципи стійкого розвитку в діловому співтоваристві, адміністративна влада повинна визнати і винагороджувати ініціативи, якими промислові компанії беруть участь у застосуванні концепції.

Even though business usually strive for accuracy and practicality as the foundation for its planning efforts, in the case of sustainable development concept we get one that defies simple and universal definition. It changes on time scale in response to increased information and society evolving priorities. The role of business in contributing to sustainable development remains indefinite. The principal objective of one business to be making money others recognize a broader social role. There is no compromise among market leaders as for finding optimal way, which can lead to balance between self-interest (profit) and actions taken for the good of society.

Some areas of sustainable development continue to be technically unclear, that bring difficulties for creating effective Action Plan. However, to operate within a healthy environment as well as economy is the preferable way for today's companies if they want to attract foreign investment, to come to global market and to get profit in strategic way.

Executives should understand that sustainable development and environmental stewardship are not synonymous. In the operational goals perspective, ecological security is a practical objective for industrial companies, if we drag in sustainable development to the decision making, it put companies' goals into strategic packet. Do not be confused.

Global market business emphasis on environmental management, Ukrainian once put attention on fast growing of profits that have high priority. Ecological sector put economy under continuous pressure to push it on the way of environments restoration investment along with other objectives solving. In order to hold on continuing development in a sustainable way companies should be able to answer on all these addressed issues.

To make support for sustainable development principles in the business community administrative power should recognize and reward initiatives that industrial companies are being taken for concept applying.

ЗМІСТ

1. Сталий розвиток в промисловості	5
1.1 Енергоефективність	8
1.1.1 Дослідження потенціалу енергоефективності в промисловості в глобальному масштабі	18
1.2 Програма з підвищення енергоефективності	23
1.2.1 Сучасні енергоефективні холодильні установки	26
1.2.2 Застосування агрегатів з двоступінчастим стисненням	26
1.2.3 Оптимізація роботи обладнання при мінімальному навантаженні	28
1.2.4 Застосування перетворювача частоти для регулювання продуктивності гвинтового компресора	29
1.3 Собівартість	38
1.4 Собівартість продукції в промисловості	48
1.4.1 Склад собівартості реалізованої продукції	48
1.4.2 Прямі матеріальні витрати	54
1.4.3 Метод нормативних витрат	57
1.4.4 Прямі витрати на оплату праці	64
1.4.5 Інші прямі витрати	65
1.4.6 Змінні та постійні ЗВВ	74
1.4.7 Калькулювання собівартості	89
1.5 Метод регресійного аналізу	110
1.6 Енергоємність	120
1.7 Показники енергетичної ефективності підприємства	123
1.8 Енергоефективна технологія	126
1.9 Матеріальні та енергетичні баланси	151
1.9.1 Основні принципи	152
1.9.2 Діаграма Sankey та її використання	154
1.9.3 Матеріальні баланси	155
1.9.4 Загальна маса і склад	156
1.9.5 Типи процесів	159
1.9.6 Енергетичні баланси	162
1.9.7 Метод підготовки технологічної схеми (карти процесів)	169
1.9.8 Об'єкт як енергетична система	171
1.9.9 Як провести матеріальний та енергетичний баланс?	174
1.10 Енергетичне господарство промислового підприємства	183
1.10.1 Структурований підхід до енергетичного менеджменту	184
1.10.2 Бар'єри на шляху підвищення енергоефективності в промисловості	190
Література (глава 1)	198

CONTENT

1. Sustainable development in Industry	5
1.1 Energy efficiency	8
1.1.1 Studies of the potential for energy efficiency in industry	18
1.2 Energy efficiency program	23
1.2.1 Modern energy-efficient refrigeration plants	26
1.2.2 Application of units with two-stage compression	26
1.2.3 Optimization of equipment operation at minimum load	28
1.2.4 Use of a frequency converter to control the performance of a screw compressor	29
1.3 Net Cost	38
1.4 Production costs in industry	48
1.4.1 Cost of Goods Sold	48
1.4.2 Direct material costs	54
1.4.3 Normative method of calculating the cost of production	57
1.4.4 Direct labor costs	64
1.4.5 Other direct costs	65
1.4.6 Variable costs and fixed costs for total production costs	74
1.4.7 Product Costing	89
1.5 Method of regression analysis	110
1.6 Energy intensity	120
1.7 Indicators of energy efficiency of the enterprise	123
1.8 Energy-efficient technology	126
1.9 Material and Energy Balances	151
1.9.1 Basic Principles	152
1.9.2. The Sankey Diagram and its Use	154
1.9.3 Material Balances	155
1.9.4 Total mass and composition	156
1.9.5 Types of Process Situations	159
1.9.6 Energy Balances	162
1.9.7 Method for Preparing Process Flow Chart	169
1.9.8 Facility as an Energy System	171
1.9.9 How to Carryout Material and Energy (M&E) Balance?	174
1.10 Energy facility for industrial enterprise	183
1.10.1 A structured approach to energy management	184
1.10.2 Barriers to Improving Energy Efficiency in Industry	190
Literature (chapter 1)	198

ЗМІСТ

2. Енергетична політика	201
2.1 Загальна енергетична політика.....	214
2.2 Добровільно узгоджені договори.....	216
2.3 Обов'язкові заходи.....	239
2.4 Обов'язкові цільові показники енергетичної ефективності.....	239
2.5 Обов'язкові енергетичні аудити	243
2.6 Обов'язкові енергоменеджери	247
2.7 Обов'язкова звітність	247
2.8 Обов'язкова торгівля вуглицем або сертифікатами.....	247
2.9 Обов'язкова реалізація міжнародно визнаних стандартів.....	248
2. 10 Мінімальні стандарти енергоспоживання (MEPS).....	248
2.11 Обов'язкові дії щодо постачальників енергії та комунальних послуг. Комунальні послуги можуть мати центральну роль у енергоефективності.....	251
2.12 Управління попитом та відповідь на попит	252
2.13 Інвестиційні зобов'язання щодо енергоефективності.....	253
2.14 Енергоефективність.....	254
2.15 Політика щодо підвищення ефективності інновацій в галузі енергоефективності.....	257
2.16 Політика сприяння енергоефективності Дослідження та розробки.....	261
Література (глава 2)	267

CONTENT

2. Energy policy	203
2.1 Common energy policy.....	214
2.2 Voluntary agreements.....	216
2.3 Mandatory measures.....	239
2.4 Mandatory targets for energy efficiency.....	239
2.5 Mandatory energy audits.....	243
2.6 Mandatory energy managers.....	247
2.7 Mandatory reporting.....	247
2.8 Mandatory carbon trading or certificates.....	247
2.9 Mandatory implementation of internationally recognized standards.....	248
2. 10 Minimum Energy Performance Standard (MEPS).....	248
2.11 Obligatory actions regarding energy suppliers and utilities. Public utilities can play a central role in energy efficiency.....	252
2.12 Demand management and demand response.....	252
2.13 Investment obligations for energy efficiency.....	253
2.14 Energy efficiency.....	2542
2.15 Policy on Improving the Efficiency of Innovation in Energy Efficiency.....	257
2.16 Policy on Energy Efficiency Research and Development.....	262
Literature (chapter 2)	267