

- зменшення витрат енергоносіїв на теплопостачання навчального корпусу;
- проведення наукових досліджень спрямованих на розробку методичних рекомендацій щодо проектування та впровадження систем теплопостачання із різномірними джерелами енергії.

Стаття надійшла до редакції 30.09.2013

Рассмотрено современное состояние теплоэнергетики Украины. Предложено схему пилотного проекта системы теплоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии и тепловым аккумулярованием.

**Ключевые слова:** Возобновляемые источники энергии, тепловое аккумулярование, система теплоснабжения.

The current state of power system of Ukraine. Proposed scheme of the pilot project heating systems using renewable energy sources and heat accumulation.

**Keywords:** Renewable energy, thermal storage, heat supply system.

УДК 621.311.003.13

В.Ф. НАХОДОВ, О.В. БОРИЧЕНКО, Д.О. ІВАНЬКО

Національний технічний університет України «КПІ»

## **КОНТРОЛЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В СИСТЕМІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ**

*Розглянуто методологію побудови систем контролю і планування енергоспоживання як важливої складової сучасної концепції енергетичного менеджменту, які дозволяють оцінювати не тільки фактичний рівень ефективності використання енергетичних ресурсів на підприємстві, але й результати впровадження заходів з енергозбереження.*

**Ключові слова:** енергетичний менеджмент, система контролю і планування енергоспоживання, «стандарт» енергоспоживання.

У сучасній практиці багатьох країн світу діяльність в галузі енергозбереження носить назву енергетичний менеджмент (Energy management). Вперше це поняття з'явилося в 70-х роках минулого сторіччя в економічно розвинених країнах Західної Європи, у США і Японії [1]. Під цим терміном прийнято розуміти самостійну область знань, науку, методологію, а також практичний інструментарій здійснення процесу управління використанням усіх видів паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Причому мається на увазі, що управління використанням енергоресурсів повинно забезпечувати розумні, технічно та економічно обґрунтовані потреби людини в паливі та енергії, забезпечити мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище, а також умови

для ефективного використання ресурсного та інвестиційного потенціалу будь-якого господарського об'єкта [2].

Таким чином, основною метою управління використанням ПЕР на тому чи іншому виробничо-господарському об'єкті є досягнення високої енергетичної ефективності господарювання при одночасному раціональному використанні всіх інших його ресурсів. Для досягнення цієї мети на будь-якому об'єкті в зарубіжній практиці створюється спеціальна система енергетичного менеджменту, яка являє собою впорядковану сукупність взаємопов'язаних та взаємодіючих елементів, призначених для виконання відповідних функцій.

**Постановка проблеми.** В Україні ще з часів колишнього СРСР контроль та управління ефективністю використання паливно-енергетичних ресурсів в усіх галузях суспільного виробництва, зокрема і в бюджетній сфері, традиційно здійснювались на основі системи нормування питомих витрат палива та енергії. Однак досвід багатьох попередніх десятиліть, а також останніх 10...15 років свідчить, що діюча в нашій державі система нормування питомих витрат ПЕР має низку суттєвих недоліків, які не дозволяють вважати відповідні норми, що встановлюються для різних підприємств, організацій та установ на основі діючих методик, достатньо обґрунтованими і прогресивними.

Отже, на підставі таких недосконалих «еталонів» енергоефективності не може бути вироблена оптимальна стратегія енергозбереження, не може правильно здійснюватись економічне стимулювання підвищення ефективності енерговикористання, не можуть коректно застосовуватись штрафні санкції за нераціональне використання ПЕР, тобто, не може здійснюватись якісне, дієве управління використанням палива та енергії. Все зазначене повною мірою стосується також об'єктів бюджетної сфери, в тому числі, і навчальних закладів.

Одним з найбільш очевидних недоліків існуючої системи нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів є проблема вибору одиниць вимірювання обсягу виробництва продукції, виконання роботи чи надання послуг, по відношенню до яких слід встановлювати відповідні норми енергоспоживання. Невирішеним це питання залишається і для закладів освіти. Це призводить до того, що норми питомої витрати палива та енергії, що визначаються для навчальних закладів, є величинами дуже нестабільними у часі, здебільшого, суттєво різними навіть для однорідних за

призначенням об'єктів, і тому встановлюються у вигляді досить широких інтервалів їх значень.

До того ж, для поступового підвищення ефективності використання палива та енергії, підтримки вже досягнутого її рівня не достатньо тільки стратегічного (довгострокового) управління енергозбереженням на об'єкті. Необхідно здійснювати також оперативне управління ефективністю використання ПЕР. З цієї точки зору існуюча система нормування питомих витрат палива та енергії є абсолютно непридатною.

Виходячи з зазначених міркувань та звертаючи увагу на зарубіжний досвід, стає очевидним, що в нашій державі є необхідним якомога скоріше активізувати наукові дослідження в напрямку розробки, експериментальної перевірки та впровадження сучасних підходів та методів контролю і управління ефективністю енерговикористання, альтернативних нормуванню питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів, зокрема, і для закладів освіти.

На думку авторів, одним з доцільних та перспективних напрямків таких досліджень є аналіз та розвиток теоретичних основ і практичного досвіду застосування систем енергетичного менеджменту для вирішення задач контролю та управління енергоефективністю виробничо-господарських об'єктів.

Зокрема, що стосується оперативного управління ефективністю використання ПЕР, в будь-якій системі енергоменеджменту створюється і постійно функціонує підсистема з аналогічною назвою [2]. Ця підсистема являє собою сукупність певної кількості однакових за призначенням елементів. У теорії і практиці енергетичного менеджменту в країнах Західної Європи, США, Японії ці елементи мають назву систем контролю і планування енергоспоживання (Monitoring and Targeting Systems або системи КіП) [3–7].

Метою створення і функціонування систем КіП, крім оперативного управління ефективністю використання ПЕР, є також моніторинг реально досягнутих результатів впровадження проектів енергозбереження на об'єкті управління.

Слід зазначити, що методологія створення та функціонування подібних систем в колишньому Радянському Союзі розроблялася ще у 80-ті роки минулого сторіччя, проте результати роботи у цьому напрямі, отримані у тому числі в Україні (зокрема, і у НТУУ «КПІ»), практичного застосування не знайшли, оскільки вони суперечили

основним принципам діючої на той час системи контролю та управління ефективністю використання ПЕР [7, 8].

Автори цієї статті здійснюють наукові дослідження в напрямку удосконалення та подальшого розвитку методів оперативного контролю ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на різних виробничо-господарських об'єктах, базуючись як на вітчизняному, так і на зарубіжному досвіді виконання цієї функції в системах енергетичного менеджменту.

**Актуальність дослідження.** Забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, практичне вирішення задач енергозбереження в усіх галузях національної економіки на сьогоднішній день є однією з найбільш актуальних, можна сказати, життєво важливих проблем для всіх держав Східної Європи, в тому числі, і для України.

На думку авторів, об'єктивне, обґрунтоване вирішення питання кількісної оцінки та контролю рівня ефективності енерговикористання на різних виробничо-господарських об'єктах є однією з необхідних, можна сказати, ключових умов досягнення помітних практичних результатів у сфері енергозбереження. Тільки на основі коректного вирішення цієї задачі на всіх рівнях управління суспільним виробництвом можуть успішно виконуватись принципово важливі функції управління енергозбереженням як на рівні держави, так і на рівні окремих підприємств, організацій та установ.

**Основні результати дослідження.** Очевидно, що найбільш реально контролювати ефективність використання ПЕР може тільки експлуатаційний персонал підприємства або організації. Виходячи з цих міркувань, в зарубіжній практиці системи контролю і планування енергоспоживання будують виключно для локальних технологічних об'єктів (для окремих установок, машин, агрегатів, технологічних ліній, процесів тощо). З цієї причини на будь-якому виробничо-господарському об'єкті, як правило, створюють досить велику кількість систем КіП. Крім того, вибір саме таких, локальних об'єктів для побудови систем контролю і планування енергоспоживання є виправданим також необхідністю дотримання умови, щоб відповідні об'єкти мали єдиний облік витрат палива або енергії, а також, у міру можливості, управлялися мінімальним числом операторів. Очевидно також, що на будь-якому технологічному об'єкті необхідно створювати стільки окремих, незалежних систем планування і

контролю енергоспоживання, скільки видів палива та енергії на ньому використовується.

Методологія побудови традиційних систем КіП універсальна, що дозволяє застосовувати їх для оперативного контролю ефективності використання будь-якого виду палива або енергії. Однак при цьому необхідно розуміти, що система КіП сама по собі не є енергозберігаючим заходом, тобто, не забезпечує енергозбереження на відповідному об'єкті, а лише створює умови для підтримання ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на заданому рівні і періодичного, цілеспрямованого підвищення цього рівня.

Численні систем контролю і планування енергоспоживання, створені на виробничо-господарських об'єктах багатьох країн Західної Європи, зокрема, у Великобританії, стали логічним розвитком багаторічної практики періодичного проведення на цих об'єктах енергетичних аудитів, результати яких являють собою свого роду «моментальну фотографію» ситуації у сфері споживання палива та енергії, яка постійно змінюється [3–5].

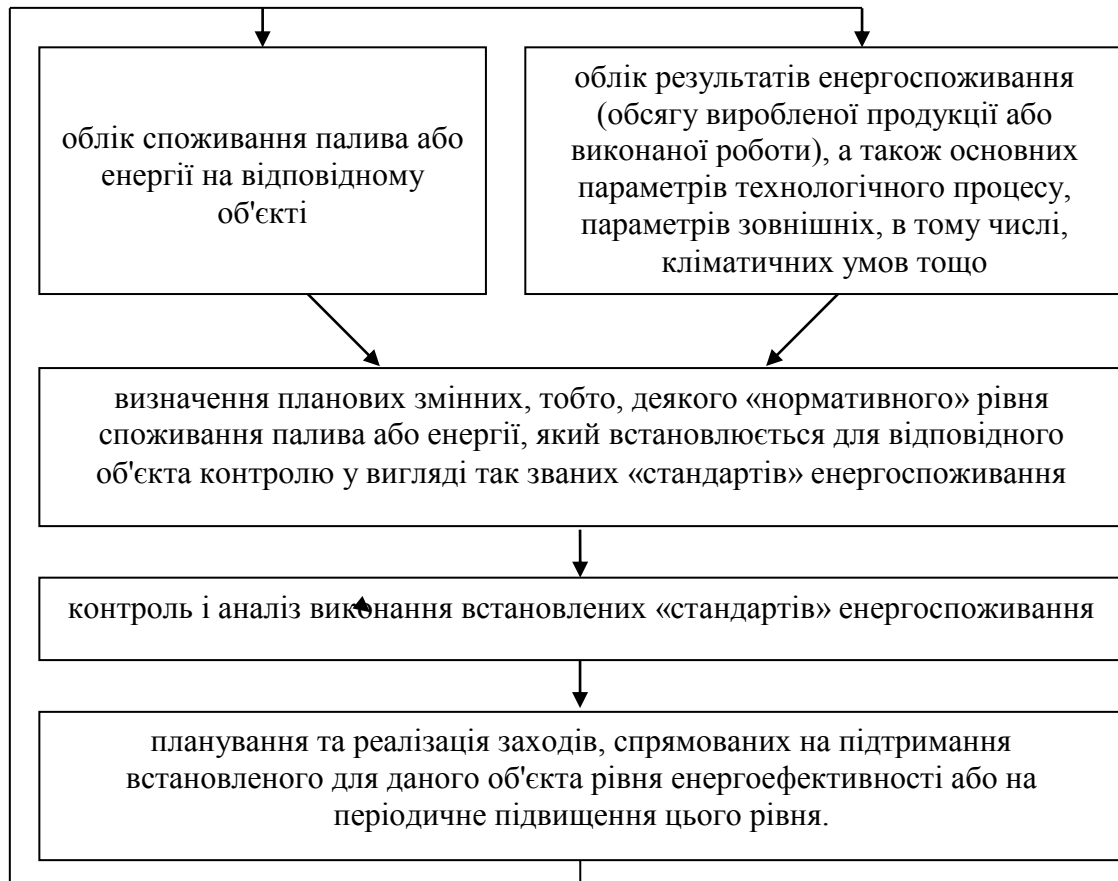
Функціонування системи контролю і планування енергоспоживання на будь-якому об'єкті можна представити у вигляді схеми (рис. 1), яка відображає певний алгоритм контролю ефективності енерговикористання, тобто, основні функції систем КіП та послідовність їх виконання.

В основу побудови таких систем покладено встановлення залежності обсягу споживання палива або енергії на будь-якому об'єкті від низки показників (чинників), які істотно впливають на енергоспоживання. Тому створення системи контролю і планування енергоспоживання на технологічному об'єкті починається зі збору фактичних даних про витрату палива або енергії, а також про результати відповідних технологічних процесів і умови їх протікання (наприклад, обсяг випущеної продукції або виконаної роботи, тривалість роботи обладнання, основні параметри технологічного процесу, зовнішніх умов тощо).

В практиці зарубіжних країн оперативний контроль ефективності використання палива та енергії в системах КіП, як правило, здійснюється щотижня. Тому збір вихідних даних для побудови такої системи на будь-якому об'єкті здійснюється, як мінімум, протягом 5...10 тижнів.

Зібрані вихідні дані у подальшому аналізуються в двох аспектах. Перш за все, аналізується динаміка зміни у часі обсягів споживання палива або енергії на об'єкті. У

закордонній практиці з цією метою за наявними вихідними даними прийнято будувати графік зміни у часі витрати відповідного паливно-енергетичного ресурсу, і візуально оцінювати ступінь рівномірності його споживання.



**Рис. 1. Послідовність виконання основних функцій системи контролю і планування енергоспоживання**

Якщо енергоспоживання на даному об'єкті має нерівномірний характер, то додатково аналізується, які саме виробничі або технологічні чинники і наскільки суттєво впливають на зміну обсягу витрати палива або енергії на об'єкті.

На підставі виконаного аналізу наявних вихідних даних робиться наступний крок побудови системи контролю і планування енергоспоживання - визначаються так звані планові змінні, тобто, деякий «нормативний» рівень споживання палива або енергії на об'єкті. З цією метою для даного об'єкта встановлюється відповідний «стандарт» енергоспоживання. Такий «стандарт» необхідно мати, щоб в подальшому у процесі контролю енергоефективності порівнювати з ним фактичні значення витрати палива або енергії. При цьому «стандарт» енергоспоживання повинен представляти собою деякий максимально реалістичний прогноз «нормативного» рівня витрати того

чи іншого паливно-енергетичного ресурсу, який необхідно і можливо досягти на даному об'єкті.

При цьому необхідно звернути увагу на важливу особливість таких систем – контроль ефективності використання палива або енергії в системах КіП на відміну, наприклад, від системи нормування їх питомих витрат, здійснюється безпосередньо на підставі фактичних обсягів споживання ПЕР, отриманих за допомогою відповідних приладів обліку [9, 10].

Отже, «стандарт» енергоспоживання в системі КіП являє собою деяку математичну модель обсягу витрати відповідного виду палива або енергії в залежності від значень виробничих і технологічних параметрів, які суттєво впливають на нього [3–6].

«Стандарт» енергоспоживання може бути встановлений у вигляді константи, якщо жоден з наявних виробничих і технологічних параметрів істотно не впливають на витрату палива або енергії на об'єкті. Якщо ж на споживання відповідного паливно-енергетичного ресурсу істотно впливають один або декілька з наявних чинників, то «стандарт» встановлюють у вигляді рівняння одно факторної або багатofакторної, як правило, лінійної регресії. При цьому в традиційних методиках побудови систем КіП при встановленні «стандартів» не рекомендується використовувати більше трьох параметрів, що істотно впливають на енергоспоживання об'єкта, що розглядається [7, 8].

Таким чином, «стандарт» енергоспоживання, що встановлюється в будь-якій системі КіП, являє собою деяку «норму» абсолютної, а не питомої витрати палива або енергії. Така «норма» не є «ідеальною», тобто мінімально необхідною для даного об'єкту, як норма питомої витрати енергії в традиційному її розумінні. Тим не менш «стандарт» енергоспоживання, як правило, є достатньо обґрунтованим, оскільки він цілком відповідає даному об'єкту і конкретним умовам його функціонування (параметрам технологічного процесу, зовнішніх умов тощо). Тобто «стандарт» енергоспоживання досить добре відображає рівень ефективності використання палива або енергії, реально досягнутий на даному об'єкті.

До того ж, «стандарт» енергоспоживання в системі КіП встановлюється не у вигляді конкретного числового значення, як це зазвичай робиться при встановленні норм питомої витрати енергії, а як вже було сказано, у вигляді деякої математичної моделі споживання енергії, тобто, у вигляді свого роду «енергетичної характеристики»

об'єкту, що розглядається. Тобто, «стандарт» енергоспоживання являє собою не тільки достатньо обґрунтовану «норму» споживання палива чи енергії на даному об'єкті, але є також достатньо гнучким «еталоном» ефективного використання відповідного енергоресурсу, який враховує можливі зміни обсягів продукції, параметрів технологічного процесу, а також зовнішніх, в тому числі, кліматичних умов виробництва.

Після того, як «стандарт» енергоспоживання встановлений в аналітичному і, за можливості, в графічному вигляді, можна вважати, що побудова системи КіП на даному об'єкті завершена, і дана система вже може застосовуватися для оперативного контролю ефективності використання палива або енергії.

Однак, як свідчить практика, традиційні системи КіП недоцільно та й неможливо успішно застосовувати безпосередньо для контролю ефективності використання палива або енергії на об'єкті. Такі системи, швидше, являють собою дієвий «інструмент» для оперативного контролю результатів впровадження тих чи інших заходів з енергозбереження. Це означає, що, перш ніж система КіП почне функціонувати, необхідно не тільки встановити відповідний «стандарт» енергоспоживання, але також визначити і реалізувати на даному об'єкті деякий енергозберігаючий захід. Тільки в цьому випадку експлуатаційному персоналу об'єкта може бути поставлена достатньою мірою обґрунтована задача постійно забезпечувати таке використання палива або енергії, щоб фактичні обсяги їх споживання не перевищували встановленого «стандарту». Очевидно, що при цьому експлуатаційний персонал повинен також систематично збирати статистичні дані про роботу об'єкта, необхідні для нормального функціонування на ньому системи КіП.

Періодичний контроль ефективності використання палива чи енергії на будь-якому об'єкті (або контроль результатів впровадження на ньому відповідного енергозберігаючого заходу) в традиційних системах КіП може здійснюватись графічно, тобто, безпосередньо за графіком «стандарту» енергоспоживання або шляхом побудови спеціального графіка, який у зарубіжній практиці називають графіком кумулятивної суми (графіком CUSUM).

Системи КіП, що будуються і функціонують таким чином, зарекомендували себе як дієвий «інструмент» оперативного контролю ефективності використання палива та енергії. Зарубіжний досвід побудови та застосування численних систем контролю і планування енергоспоживання на багатьох виробничо-господарських об'єктах



підтверджує, що такі системи, без сумніву, являють собою практичний інтерес для вітчизняних фахівців з енергетичного менеджменту як один з можливих напрямків розвитку методів оперативного контролю ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів.

Методологія створення та застосування таких систем приваблює, перш за все, простотою та незначними витратами часу на здійснення контролю енергоефективності, що саме і дозволяє оперативно вирішувати цю задачу. Причому період контролю ефективності використання палива чи енергії на будь-якому об'єкті з застосуванням систем КіП, в принципі, може бути дуже коротким, наприклад, рівним одній добі, зміні чи навіть одній годині.

Однак, як показали результати дослідження, в теоретичному та методологічному відношенні методики побудови та застосування систем КіП, що традиційно використовуються в зарубіжних країнах, мають низку суттєвих недоліків, спрощень та невирішених питань, які не дозволяють безпосередньо, «механічно» застосувати їх в умовах України або інших держав СНД для контролю та управління ефективністю енерговикористання.

У зв'язку з зазначеними обставинами авторами цієї статті створена оригінальна, більш коректна методологія побудови та функціонування систем контролю ефективності енерговикористання, яка дозволяє уникнути основних недоліків традиційних систем КіП, і може бути застосована для вирішення задачі оперативного контролю ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на різних виробничо-господарських об'єктах, зокрема, в закладах освіти [11–13].

#### Список використаної літератури

1. Поспелова Т.Г. Основы энергосбережения / Поспелова Т.Г. – Минск: УП «Технопринт», 2000. – 353с.
2. Праховник А.В. Енергетичний менеджмент. Суттєві фактори, цілі, ієрархія, об'єкт діяльності / А.В. Праховник, Є.М. Іншеков // Енергетика та енергозбереження, Вісник КДПУ. – 2004. – №3/2004 (26). – С. 75-80.
3. Pooley John. Quick Start Guide to Energy Monitoring&Targeting (M&T) [Електронний ресурс] / John Pooley // Effective Energy Management Guide. – 2005. – Режим доступу: <http://www.oursouthwest.com/SusBus/susbus9/m&tguide.pdf>.
4. Monitoring and Targeting in large companies // Energy Efficiency Enquiries Bureau, ETSU, Harwell, Oxfordshire, OX11. GoodPracticeGuide 112. – 1998. – 45p.

5. JonesPhil. Getting started with Monitoring&Targeting (M&T) / PhilJones // Fundamental Series. – 2004. – №7. – P. 29-32.

6. Матеріали проекту «Усилення дійсний по підготовке енергоменеджеров в Україні» по программе TACIS№EUK 9701. – К. : ІЕЕ НТУУ «КПІ», 1999. – 156 с.

7. Праховник А.В. Контроль і нормалізація енергоспоживання / А.В. Праховник, Г.Р. Трапп // Управління енерговикористанням : зб.доп. – К.: Альянс за збереження енергії, 2001.– С. 387-398.

8. Энергетический менеджмент / [А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В.Прокопенко и др.] – К.: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.: ил.

9. Праховник А.В. Контроль ефективності енерговикористання – ключова проблема управління енергозбереженням / А.В. Праховник, В.Ф. Находов, О.В. Бориченко // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2009. – №8(66). – С. 41-54.

10. Находов В.Ф. Проблема контролю ефективності енерговикористання – основа практичного вирішення задач енергозбереження / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко // Энергозбереження, екологія, ефективність: шляхи зниження енергозалежності України: міжнар. конф., 14 травня 2008 р.: тези доп. – К.: – 2008. – С. 55-57.

11. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір «Методика встановлення обґрунтованих «стандартів» споживання електроенергії та здійснення об'єктивного контролю їх виконання в системах статистичного контролю ефективності енерговикористання» / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко. – № 38504; заявл. 13.05.2011; зареєстр. 26.05.2011, Бюл. №25.

12. Находов В.Ф. Удосконалення діючої системи нормалізації енергоспоживання на основі контролю і планування витрат електричної енергії / В.Ф.Находов, О.В. Бориченко, О.В. Тишко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2010. – № 3. – С. 51-58.

13. Находов В.Ф. Контроль та аналіз виконання встановлених «стандартів» в системах статистичного контролю ефективності використання електричної енергії / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро: інформ. зб. – 2011. – № 2. – С. 16-23.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2013

Рецензент: Директор Інституту енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ»,

д.т.н., професор С.П. Денисюк.

**Контроль ефективності енергоиспользования в системе энергетического менеджмента**

Находов В.Ф., Бориченко Е.В., Иванько Д.О.

*Национальный технический университет Украины «КПИ»*

Рассмотрена методология построения систем контроля и планирования энергопотребления как важная составляющая современной концепции энергетического менеджмента, которая позволяет оценивать не только фактический уровень эффективности использования энергетических ресурсов на предприятии, но и результаты внедрения мероприятий по энергосбережению.

**Ключевые слова:** энергетический менеджмент, система контроля и планирования энергопотребления, «стандарт» энергопотребление.

**Control of energy consumption efficiency in the energy management system**

Nakhodov V., Borichenko O., Ivanko D.

*National technical University of Ukraine «KPI»*

The methodology of monitoring and targeting systems construction as an important component of the modern concept of energy management, which allow to estimate not only the actual level of energy Resources consumption efficiency in the factory, but the results of energy saving measures introduction.

**Keywords:** energy management, system of planning and control of energy consumption, «standard» power consumption.

УДК 338.984

В.В. ХМУРОВА, І.С. ГРАЩЕНКО

*Київський національний університет технологій та дизайну*

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СФЕРІ ОБСЛУГОВУВАННЯ**

*У статті розглянуто визначення понять «економія енергії», «вдосконалення енергозбереження», «стратегія розвитку». Проаналізовано статистичну інформацію, щодо діяльності підприємств сфери послуг та запропоновано шляхи їх розвитку.*

**Ключові слова:** економія енергії, вдосконалення енергозбереження, стратегія розвитку.

Енергія надає людині важливі «послуги» у вигляді тепла для обігрівання і готування їжі, забезпечує роботу промисловості і транспорту. Ми вже знаємо, що для отримання цієї енергії необхідне паливо - нафта, газ, вугілля, ядерне паливо, дрова та інші первинні джерела (сонце, вітер, вода). Для того, щоб одержати цю енергію, необхідне спеціальне устаткування, наприклад, печі, турбіни або двигуни та ін. Використовуючи різні джерела енергії та технології ми будемо досягати різного корисного ефекту, оскільки значна кількість первинної енергії витрачається марно через недосконалу конструкцію та низьку ефективність експлуатації обладнання. Для