

УДК 658.26:621.311.004.18

Чернявський Анатолій Володимирович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри електропостачання.Тел. +380509813908. E-mail: canatoliy@mail.ru (orcid.org/0000-0003-2858-8224)**Якобюк Дмитро Володимирович**, магістрантТел. +380977854335. E-mail: yahoobiuk@gmail.com (orcid.org/0000-0002-1028-9843)**Якобюк Ірина Вікторівна**, магістрантНаціональний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна. Вул. Борщагівська 115, м. Київ, Україна, 03056. Тел. +380971418430. E-mail: yakobiuk.iryana@gmail.com (orcid.org/0000-0003-3233-733X)

АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

У даній роботі представлені узагальнені рекомендації щодо застосування аналітичних засобів для проведення енергетичного моніторингу. Дані рекомендації сформовані за результатами вивчення методичних документів і наукових публікацій у сфері енергетичного моніторингу, а також на основі досвіду практичних робіт з розробки та впровадження систем енергетичного менеджменту. Враховуючи особливу важливість, а також недостатню розробленість, в роботі акцентовано увагу на методичні питання збору, обробки та аналізу інформації про об'єкти енергетичного моніторингу промислових підприємств.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, енергетичний моніторинг, енергетичний менеджмент, інформаційно-аналітичні засоби.

Чернявский Анатолий Владимирович, канд. техн. наук, доц., преподаватель кафедры электроснабжения.Тел. +380509813908. E-mail: canatoliy@mail.ru (orcid.org/0000-0003-2858-8224)**Якобюк Дмитрий Владимирович**, магистрТел. +380977854335. E-mail: mydlovets_olga@mail.ru (orcid.org/0000-0002-1028-9843)**Якобюк Ирина Викторовна**, магистрНациональный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина. Ул. Борщаговская 115, г. Киев, Украина. 03056. Тел. +380971418430. E-mail: mydlovets_olga@mail.ru (orcid.org/0000-0003-3233-733X)

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

В данной работе представлены обобщенные рекомендации по применению аналитических средств для проведения энергетического мониторинга. Данные рекомендации сформированы по результатам изучения методических документов и научных публикаций в сфере энергетического мониторинга, а также на основе опыта практических работ по разработке и внедрению систем энергетического менеджмента. Учитывая особую важность, а также недостаточную разработанность, в работе акцентировано внимание на методические вопросы сбора, обработки и анализа информации об объектах энергетического мониторинга промышленных предприятий.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, энергетический мониторинг, энергетический менеджмент, информационно-аналитические средства.

Cherniavskiy Anatoliy Volodymyrovych, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof., senior lecturerТел. +380509813908. E-mail: canatoliy@mail.ru (orcid.org/0000-0003-2858-8224)**Yakobiuk Dmytro Volodymyrovych**, MscТел. 380 935 825 098. E-mail: mydlovets_olga@mail.ru (orcid.org/0000-0002-1028-9843)**Yakobiuk Iryna Viktorivna**, Msc.National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine. Str. Borschagivsk, 115, Kyiv, Ukraine, 03056. Tel. 380 935 825 098. E-mail: mydlovets_olga@mail.ru (orcid.org/0000-0003-3233-733X)

ANALYTICAL SUPPORT FOR ENERGY MONITORING

In this paper summarizes the recommendations for the use of analytical tools for energy monitoring. These recommendations formed by the results of the study guidance documents and scientific publications in the field of energy monitoring, as well as on the basis of practical experience in the development and implementation of energy management systems. Given the importance, as well as the lack of elaboration, the work also focused on methodological issues of data collection, processing and analysis of information about objects of the energy enterprise monitoring the industrial enterprises.

Keywords: energy saving, energy efficiency, energy monitoring, energy management, information and analytical tools.

Вступ

Проблема енергоефективності є вкрай актуальною для України: попит на енергоресурси зростає, тоді як запаси традиційних видів палива щорічно зменшуються. У сфері забезпечення енергоносіями України змушена, насамперед, покладатися на їх імпорт. Енергетична залежність енергетичного сектора України має дуже велике значення для всієї економіки в цілому. Серед промислово розвинених країн світу, Україна має одні з найвищих питомих показників забруднення навколишнього середовища і споживання енергоресурсів на одиницю продукції, що виробляється.

Вирішення цих проблем, перш за все, повинно розпочинатися з удосконалення систем управління виробництвом, а особливо з оптимізації систем управління енергоспоживанням шляхом впровадження систем енергетичного менеджменту (СЕНМ) на промислових підприємствах.

На сьогоднішній день у зв'язку з тим, що необхідна теоретико-методологічна база (єдині правила і процедури) в області розробки, впровадження та ефективного функціонування СЕНМ тільки починає формуватися, створення СЕНМ відбувається під впливом досвіду конкретних керівників і фахівців, у тому числі тих, які не мають досвіду впровадження СЕНМ, але мають досвід впровадження інших систем менеджменту (наприклад, менеджменту якості, екологічного менеджменту, менеджменту охорони праці та ін.). Багато СЕНМ створюються «за образом та подібністю», що пов'язано з використанням «систем-аналогів», що застосовуються на інших підприємствах. Ефективність роботи такої системи спочатку невелика і досягається поступовим зміною структури і характеристик окремих її елементів. Однак, при такому підході не враховуються організаційні, технічні, технологічні, соціальні і т.п. особливості підприємства. Крім того, ступінь внутрішньої і зовнішньої диференціації та інтеграції такої системи, міра відповідності її структури цілям підприємства в галузі енергозбереження, рівень впорядкованості регламентує основи і її єдність з діючою нормативно-технічною базою енергозбереження часто не відповідають загальним вимогам системності. Тому досягнення високих показників енергорезультативності СЕНМ, створюваних на основі подібного підходу, стає все більш проблематичним.

Мета та завдання. Мета роботи – підвищення рівня якості енергетичного моніторингу промислових підприємств шляхом застосування інформаційно-аналітичних засобів. Для досягнення поставленої мети в роботі, вирішені такі задачі:

- обґрунтування доцільності застосування аналітичних засобів для проведення енергетичного моніторингу промислових підприємств;
- визначення основних задач енергетичного моніторингу промислових підприємств;
- формування аналітичних засобів, що можуть застосовуватися на практиці для проведення енергетичного моніторингу промислових підприємств.

Основна частина

Враховуючи той факт, що сучасні концепції побудови СЕНМ базуються на використанні процесного підходу, то логічним є провести декомпозицію цієї діяльності на більш прості процеси і проводити моніторинг цих процесів. У загальному випадку «процес» може бути визначений як «сукупність взаємопов'язаних або взаємодіючих видів діяльності, яка перетворює щось на вході в щось на виході». При цьому в якості процесу можуть виступати:

- процес планування (організації, аналізу, контролю ...), впровадження заходів;
- робота поодиноких установок;
- робота технологічної лінії, ділянки, цеху;
- робота підприємства в цілому тощо.

У кожен момент часу рівень результативності діяльності об'єкта в сфері енергетичного менеджменту (як набору окремих процесів) характеризується комплексом показників, які під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів постійно змінюються і приймають певні значення. Найважливішим є такий стан СЕНМ, при якому вона функціонує відповідно до заданих

критеріїв, а її показники знаходяться в допустимих межах. Порухення допустимих меж показників енергорезультативності СЕнМ може призвести до порушення нормального її функціонування. Тому будь-яка СЕнМ потребує проведення періодичної оцінки рівня результативності її функціонування, тобто у проведенні енергетичного моніторингу.

При створенні системи моніторингу особлива увага повинна приділятися таким важливим складовим, як: організація регулярних потоків інформації та документообігу про споживані енергоресурси окремих об'єктів промислових підприємств.

Питання збору інформації про об'єкт енергомоніторингу особливо важливий при обмеженнях по капітальним вкладенням, технічним засобам і трудовим затратам, має важливе значення при вирішенні завдань, пов'язаних з підвищенням рівня ефективності використання енергоресурсів (ЕВЕР). У зв'язку з цим для проведення ефективного збору інформації про об'єкт енергомоніторингу пропонується зробити декомпозицію об'єкту енергомоніторингу на окремі елементи. Під елементом будемо розуміти підсистему або пристрій, на вхід якого надходять, а на виході утворюються відповідно сировинні, енергетичні та продуктові потоки. В якості елемента можуть бути прийняті установка, агрегат або група однорідних установок, агрегатів, що належать до основної технологічної схеми виробництва, а також будь-які допоміжні процеси та установки (система вентиляції, система опалення, повітророзподільна станція і т.п.).

Вихідна множина елементів може бути сформована різними шляхами. Первісна множина елементів може бути утворена на основі складених синтетичних енергобалансів підприємства за видами використовуваних енергоносіїв, за цільовим призначенням споживання, по об'єктах [1].

Пропонується формувати вихідну множину елементів за такими групами [1]: а) система електропостачання; б) система тепlopостачання; в) система постачання стисненим повітрям і холодом; г) система опалення, вентиляції та кондиціонування; д) система водопостачання та каналізації; е) система штучного освітлення; ж) будівлі та споруди; з) системи обліку та контролю енергоспоживання та інше.

Для формування вихідної множини елементів використовуються як знання і досвід персоналу підприємства, так і різна документальна інформація. Сюди можна віднести [1]:

- а) проектну документацію на енергогосподарство підприємства;
- б) енергетичний паспорт підприємства;
- в) фінансово-економічні показники підприємства;
- г) форми статистичної звітності (1 – ТЕП, 4 – МТП, 11 – МТП, 6 – ТП та ін.), а також звітну документацію по комерційному та технічному обліку витрати ПЕР;
- д) графіки споживання ПЕР (за добу, місяць, рік); е) експлуатаційну документацію на енергоспоживаюче обладнання (паспорти, формуляри, специфікації, технологічні регламенти, режимні карти тощо);
- ж) документацію по проведеним ремонтним, налагоджувальним і випробувальним роботам енергоспоживаючого обладнання;
- з) річні програми енергозбереження (плани організаційно-технічних заходів щодо економії ПЕР) і звіти по їх виконанню;
- і) звіти по попереднім енергомоніторингам та енергоаудитам;
- к) перспективні програми і проекти реструктуризації підприємства або модернізації окремих його підрозділів;
- л) результати опитування та анкетування керівництва і персоналу підприємства.

Коли утворено вихідну множину елементів, виникає дуже важливе завдання визначення пріоритетності об'єктів енергетичного моніторингу. Згідно рекомендацій міжнародного стандарту ISO 50001:2011 та методик [2] пріоритетність об'єктів моніторингу встановлюється виходячи з енергоємності елемента (визначається найбільш енергоємний об'єкт, в ньому – найбільш енергоємний ділянку, в якому знаходиться найбільш енергоємна установка). Однак приналежність установки до енергоємної далеко не завжди є достатньою умовою того, щоб даний елемент був предметом моніторингу в першу чергу (раніше за

інших елементів, менш енергоємних).

Сьогодні вирішення задачі вибору пріоритетності об'єктів енергетичного моніторингу, в основному, полягає у визначенні найбільш суттєвого елемента, але не в упорядкуванні всіх елементів за ступенем переваги. Тому, для вирішення цього завдання в [3] пропонується використовувати метод аналізу ієрархій.

Інформація, отримана внаслідок енергетичного моніторингу, служить базою для розробки, обґрунтування і прийняття системи управлінських рішень, що забезпечують підвищення рівня ЕВЕР. Рівень ЕВЕР залежить від безлічі факторів, дія яких обумовлена існуючими організаційними, технічними і технологічними умовами виробництва. Наявність складних взаємозв'язків між виробництвом і енергетичним господарством викликає необхідність комплексного (всєбічного) аналізу ефективності використання енергоресурсів.

Після проведення збору необхідної інформації про об'єкт енергомоніторингу необхідно провести її обробку та аналіз. У спеціалізованій літературі завдання аналізу розглянуті досить вузько. Одним з можливих способів оцінки ефективності використання ПЕР є порівняння окремих складових фактичного і прогнозного (оптимального) паливно-енергетичного балансу оцінюваного підприємства. У методичному плані питання побудови паливно-енергетичного балансу підприємств досить докладно були висвітлені в [4-6], а також у багатьох інших роботах. При цьому недостатньо освітленим залишилося питання проведення аналізу ПЕБ, а також формування набору математичних, графічних і табличних засобів, які можуть бути використані при проведенні аналізу ПЕБ.

В загальному випадку аналіз інформації про об'єкт енергомоніторингу повинен проводитися в послідовності, яка відповідає логіці вирішення поставленого завдання. Аналіз повинен проводитися за такими напрямками:

- 1) аналіз факторів, які впливають на ЕВЕР;
- 2) аналіз динаміки та досягнутого рівня ЕВЕР;
- 3) аналіз варіантів забезпечення промислового підприємства енергоресурсами з урахуванням фінансових, енергетичних та екологічних критеріїв;
- 4) аналіз фактичних норм питомого споживання енергоресурсів;
- 5) визначення та аналіз основних енерго-економічних показників підприємства;
- 6) аналіз технічних та економічних результатів, досягнутих за рахунок підвищення ЕВЕР.

В залежності від напрямів аналізу, наведених вище, можуть застосовуватися ті чи інші основні засоби аналізу інформації (див. таблиця).

Таблиця

Засоби аналізу інформації в залежності від напрямів аналізу

Засоби аналізу	Напрями аналізу (відповідно до нумерації, наведеної вище)					
	1	2	3	4	5	6
Причинно-наслідкові діаграми	+	-	-	-	-	-
Діаграми Парето	+	-	-	-	-	-
Гістограми	+	-	-	-	+	-
Методи кореляційного аналізу	+	-	-	-	-	-
Індексний метод	+	-	-	-	+	+
Методи експертного оцінювання (функціонально-вартісний аналіз, метод аналізу ієрархій, метод парних порівнянь і т. п.)	+	-	-	-	-	-
Методи регресійного аналізу і т.п.	+	+	-	-	-	-
Часові ряди	-	+	-	-	-	-
Контрольні карти	-	+	-	-	+	-
Діаграми розкиду	-	+	-	-	+	-
Енерго-технологічні схеми технологічного процесу	-	-	+	-	-	-

Продовження таблиці						
Деревовидні діаграми	-	-	+	-	-	-
Балансові діаграми	-	-	+	-	-	-
Оптимізаційні методи (методи лінійного та нелінійного програмування) тощо.	-	-	+	-	-	-
Методи порівняльного аналізу (методи абсолютних і відносних розходжень) і т.п.	-	-	-	+	+	+

Висновки

1. Незалежно від обраного напрямку підвищення рівня ЕВЕР для промислового підприємства доцільно, насамперед, провести енергетичний моніторинг, який є необхідною складовою частиною комплексу заходів, спрямованих на підвищення рівня ЕВЕР.

2. Незважаючи на особливу важливість, на даний момент, з усіх етапів проведення енергомоніторингу найбільш неопрацьовані є етапи збору, обробки та аналізу інформації. Важливість питання збору інформації про об'єкт енергомоніторингу впливає з існуючих обмежень по капітальним вкладенням, технічним засобам і трудовим затратам при проведенні енергомоніторингу. Для проведення ефективного збору інформації про об'єкт необхідно зробити декомпозицію виробничого об'єкта на окремі елементи. При цьому виникає завдання вибору пріоритетності об'єктів енергомоніторингу, вирішення якої на даний момент зводиться до виявлення найбільш переважного елемента, а не до впорядкування всіх об'єктів за ступенем їх переваги.

Список використаної літератури:

1. Розен В. П. Аналитическое обеспечение энергетического аудита промышленных предприятий [Текст] / В. П. Розен, А. И. Соловей, А. В. Чернявский // в кн.: Экономическая безопасность государства – территориальный аспект // Под ред. М.М. Бабяка, И.В. Недина. – Дрогобич: «Коло», 2006. – 314 с. (С. 221–229).
2. Биржин А. П. Поиск и оценка резервов экономии топливно-энергетических ресурсов на машиностроительных предприятиях [Текст] / А. П. Биржин, Е. П. Кузнецов, В. В. Ухабов, В. И. Лебедев, М. И. Певзнер, В. П. Чукунов // Электротехн. пром-сть. Сер.27. Общотрасл. вопросы электропромышленности: Обзор. информ. 1991. Вып.148. – С. 1–192.
3. Розен В. П. Применение метода анализа иерархий при выборе энергоэффективного оборудования и технологий [Текст] / В. П. Розен, А. И. Соловей, А. В. Чернявский // Праці Міжнародного енергоекологічного конгресу «Енергетика. Екологія. Людина». – 27–28 березня 2003, Київ. – С. 166–171.
4. Аракелов В. Е., Кремер А. И. Методические вопросы экономии энергоресурсов [Текст]. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 192 с.
5. Некрасов А.С., Синяк Ю.В. Управление энергетикой предприятия [Текст].–М.: Энергия, 1979.– 296 с.
6. Розен В. П. Топливо-энергетический баланс как инструмент анализа энергетической эффективности [Текст] / В. П. Розен, Е. Р. Крамаренко, А. В. Чернявский // Металургійна теплотехніка: Збірник наукових праць Національної металургійної академії України. У двох книгах. Книга перша. – Дніпропетровськ: Пороги, 2005. – С. 387–392.

References:

1. Rozen, V. P., Solovey, A. I., Chernyavskiy, A. V. (2006), Analytical support for energy audits of industrial enterprises [Analiticheskoe obespechenie energeticheskogo audita promyshlennykh predpriyatiy], *The economic security of the state - territorial aspects*, P. 221–229.
2. Birzhin, A. P., Kuznetsov, E. P., Uhabov, V. V., Lebedev, V. I., Pevzner, M. I. (1991), Search and estimation of reserves of fuel and energy resources in the machine-building enterprises [Poisk i otsenka rezervov ekonomii toplivo-energeticheskikh resursov na mashinostroitelnykh predriyatiyakh], *Industry-wide. questions electroindustry*, P. 1–192.
3. Rozen, V. P., Solovey, A. I., Chernyavskiy, A. V. (2003), Application of the analytic hierarchy process in choosing energy efficient equipment and technologies [Primenenie metoda analiza ierarkhiy pri vybore energoefektivnogo oborudovaniya i tekhnologiy], *Proceedings of the International Congress of environmental energy "Energy. Ecology. Human"*, P. 166–171.
4. Arakelov, V. E., Kremer, A. I. (1990), Methodological issues of energy savings [Metodologicheskie voprosy ekonomii energoresursov], 192 p.
5. Nekrasov, A. S., Sinyak, Y. V (1979), Energy management companies [Upravlenie energetikoy predpriyatiya], *Energy*, 296 p.
6. Rozen, V. P., Kramarenko, E. R., Chernyavskiy, A. V. (2005), Fuel and energy balance as a tool for the analysis of energy efficiency [Energeticheskii balans kak instrument analiza energeticheskoy effektivnosti], *Metallurgical heat technician*, P. 387–392

Поступила в редакцию 09.02 2015 г.