

УДК 620.9:621.38

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА УРАИНЫ

Хаджинов Александр Сергеевич, доцент кафедры ПТЭУиТ, к.т.н., доцент, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь.

Khadzhynov A., associate professor "Priazovskiy State Technical University", Mariupol, candidate of technical sciences. a.khadzhinov@mail.ru

Khadzhynov A. Development energy efficiency control methods on industrial plant in the system of energy management in Ukraine.

A problem of regulatory framework in the control field of industrial plants was considered. Analysis of current state regulatory framework for the fuel and energy resources rationing was made. It was shown, that it has variety of significant defects and weaknesses and need to be improved. There are such defects of regulation as high error, complex calculations, impossibility to control standards. Specific consumption rate of the fuel and energy resources used as a tool for the administrative-command management of the enterprise method. It was shown the necessity to develop control methods of energy efficiency as one element of enterprise management system. Energy efficiency control methods cited in Directive materials of EU and DSTU ISO 50001:2014 standard were analyzed. It was shown the necessity of enterprise energy efficiency evaluation with variety indicative energetic, economic and ecological parameters, with can be calculated on the basis of objectively controlled values. Calculation methodic for energetic parameters has been shown. It was noted the necessity to embed EU standards in the energy efficiency into the practice of energy management.

Хаджинов А. С. Развитие методов контроля энергоэффективности промышленного предприятия в системе энергетического менеджмента Украины.

В статье рассмотрена проблема нормативно-правовой базы государства в области контроля энергоэффективности промышленного предприятия. На основании анализа существующей государственной базы по нормированию ТЭР показано, что она имеет ряд существенных замечаний и нуждается в усовершенствовании. К недостаткам нормирования относится: большая погрешность удельных норм потребления ТЭР, сложность аналитических расчетов, невозможность практически контролировать объективность норм. Норма удельного потребления ТЭР, в существующем виде, используется как инструмент административно-командного метода управления предприятием. Показана необходимость развития методов контроля энергоэффективности как одного из звеньев системы энергоменеджмента предприятия. Проанализированы методы контроля энергоэффективности изложенные в Директивных материалах ЕС и стандарте ДСТУ ISO 50001:2014. Показана необходимость оценки энергоэффективности предприятия комплексом индикативных энергетических, экономических и экологических параметров, рассчитываемых на основе объективно контролируемых величин. Приведена методика расчета энергетических параметров. Отмечена целесообразность внедрения в практику энергоменеджмента предприятия стандарты ЕС и нормативно-методическую базу в области энергоэффективности.

Хаджинов О.С. Розвиток методів контролю енергоефективності промислового підприємства в системі енергетичного менеджменту України.

У статті розглянута проблема нормативно-правової бази держави в галузі контролю енергоефективності промислового підприємства. На підставі аналізу існуючої державної бази з нормування ПЕР показано, що вона має ряд істотних зауважень і потребує удосконалення. До недоліків нормування відноситься: велика похибка питомих норм споживання ПЕР, складність аналітичних розрахунків, неможливість практично контролювати об'єктивність норм. Норма питомої споживання ПЕР, в існуючому вигляді, використовується як інструмент адміністративно-командного методу управління підприємством. Показана необхідність розвитку методів контролю енергоефективності як однієї з ланок системи енергоменеджменту підприємства. Проаналізовано методи контролю енергоефективності викладені в директивних матеріалах ЄС і стандарті ДСТУ ISO 50001: 2014. Показана необхідність оцінки енергоефективності підприємства комплексом індикативних енергетичних, економічних та екологічних параметрів, що розраховуються на основі об'єктивно контрольованих величин.

Наведено методику розрахунку енергетичних параметрів. Відзначено доцільність впровадження в практику енергоменеджменту підприємства стандарти ЄС і нормативно-методичну базу в галузі енергоефективності.

Постановка проблемы в общем виде и ее связи с практическими задачами.

Создание высокоэффективного бизнеса в современных условиях жесткой конкуренции невозможно без внедрения современных информационных технологий и инновационных решений во всех сферах деятельности промышленных предприятий. Важнейшим условием эффективного производственного цикла является создание системы энергетического менеджмента. Как известно для эффективного управления первостепенное значение имеет правильная постановка целей и возможность объективного контроля их выполнения. Цели должны быть конкретизированы в виде научно-обоснованных количественных показателей отражающих реально достижимый уровень энергоэффективности производства.

В настоящее время в энергетическом хозяйстве на многих производственно-хозяйственных объектах действовала устаревшая советская система нормирования удельных расходов топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Однако опыт нормирования удельных расходов топлива и энергии, которое осуществлялось в течение многих десятилетий еще в СССР, а также результаты нормирования удельных расходов ТЭР, полученные в последние годы в Украине, свидетельствуют о том, что существующая в Украине система нормирования удельных расходов ТЭР имеет существенные недостатки [8 с.9]. В существующей системе нормирования одним из основных недостатков является отсутствие механизмов контроля норм удельных расходов ТЭР, а нормативная база корректируется с большим опозданием при постоянных изменениях условий производственной деятельности (изменения в номенклатуре расходов, объемов работ, технико-технологической оснащенности производственных подразделений и т.д.). Все это сдерживает внедрение системы энергетического менеджмента на предприятиях.

Анализ последних исследований и публикаций. Государственная политика в области энергосбережения отражена в Законе «Об энергосбережении» от 1994 года [1]. Порядок нормирования удельных норм потребления ТЭР определен Постановлением КМУ «Про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві» від 15 липня 1997 р. N 786., а Основные положения по нормированию разработаны и закреплены приказом Государственного комитета Украины по энергосбережению [2, 3]. Требования к стандартизации нормирования удельного расходования ТЭР, энергетического аудита предприятий и организации системы энергетического менеджмента освещены в ДСТУ [4, 14]. Вопросы энергетического менеджмента и контроля энергоэффективности освещены в научных публикациях А.В. Праховника, О.М.Суходоли, С.П. Денисюка, Т.Х. Гулбрандсена и ряда других авторов.

Цель статьи - анализ недостатков существующих методов нормирования удельного потребления ТЭР и предложение новых подходов к контролю уровня энергоэффективности промышленного предприятия в Украине.

Результаты исследований. В основу метода контроля энергоэффективности в национальном законодательстве и нормативной базе положена величина «нормы удельного потребления ТЭР» [1, 2, 3]. Норма расхода ТЭР (НпТЭР) – это утвержденный уполномоченным органом исполнительной власти показатель их использования на единицу произведенной продукции, выполненных работ или оказанных услуг установленного качества, ориентированный на прогрессивное производство [2]. Нормирование расхода ТЭР - это установление плановой объективно необходимой величины их потребления на единицу произведенной продукции, выполненных работ или оказанных услуг установленного качества (Далее - продукция) [3].

Как отмечает один из разработчиков Положения о нормировании [5]: «Разработанные нормы удельных расходов ТЭР являются лишь отправной точкой, вокруг

которой можно задействовать механизм стимулирования энергосбережения на предприятии. Этот механизм может состоять из двух рычагов воздействия: экономического и материального стимулирования внедрения энергосберегающих мероприятий и наложения ответственности и санкций за не проведение этой работы. И именно нормы удельных расходов ТЭР является той точкой, вокруг которой строится этот механизм».

Необходимо отметить, что нормирование удельных расходов топлива и энергии применялось только в странах с централизованной командно-административной экономикой. Так, в СССР нормирование расходов ТЭР применялось на базе документа, который был принят Госпланом СССР ("Основные положения по нормированию расхода топлива, электрической и тепловой энергии в производстве"). Для стран с централизованным управлением экономикой этот путь был полезен тем, что сквозное нормирование помогало выполнять функцию долговременного планирования потребности в энергетических ресурсах [6].

Нормативная база по нормированию ТЕР предусматривает:

- нормы устанавливаются на все виды ТЭР [2, п.6];
- нормы определяются как сквозные показатели, к ним включаются все расходы ТЭР, отнесенные на вид товарной продукции [3, п.1.9 и п.1.11];
- технически обоснованные индивидуальные нормы расхода ТЭР устанавливаются только расчетно-аналитическим или комбинированным методами (расчетно-аналитическим и экспериментальным) [3, п.5.3];
- абсолютная величина сквозных расходов ТЭР на все виды продукции предприятия должна равняться сумме использованных в производстве ТЭР по данным энергетического баланса предприятия [2, п.8];
- превышение отраслевых норм удельных расходов ТЭР является основанием для применения экономических санкций [3, п.1.4].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что основной упор при разработке Положения о нормировании сделан на возможности юридически строго проконтролировать выполнение предприятием НпТЭР путем составления материального баланса энергоресурсов по бухгалтерской документации. При этом вопросы погрешности НпТЭР, полученных расчетно-аналитическим методом, сложность расчетов, невозможность практически контролировать объективность НпТЭР остались вне внимания разработчиков этого документа. Поэтому, уже на протяжении более 10 лет такой метод контроля энергетической эффективности производства подвергается критике [6], [7 с.48], [8 с.9].

Второй важный недостаток заключается в том, что НпТЭР является только энергетическим показателем энергоэффективности. В современном понимании «энергоэффективность - необходимый уровень расходов энергетических ресурсов для достижения определенного уровня благополучия (например, экономического, социального, стандартов жизни человека, состояния окружающей среды и т.д. и т.п.). следовательно характеризовать энергоэффективность необходимо, по крайней мере, тремя показателями: энергетическими, экономическими и экологическими [11, с.8].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод: актуальной задачей государства является совершенствование методов контроля энергетической эффективности промышленного предприятия. В данной статье из-за ограниченности объема рассмотрены только энергетические показатели.

Из всего мирового сообщества, наиболее значительных достижений в области энергетической эффективности достиг ЕС [11 с.14]. Проанализируем подходы ЕС к контролю уровня энергоэффективности промышленного предприятия.

Стандарт ДСТУ ISO 50001:2014 «Системы энергетического менеджмента: требования и руководство по применению» [10] основывается на методологии, известной

как "цикл по постоянному улучшению" "Plan - Do - Check - Act" (PDCA), и он включает аспекты энергетического менеджмента в состав ежедневных организационных практик, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1. Модель системы энергетического менеджмента

Оценка энергоэффективности построена на принципе постоянного сравнения текущего уровня энергопотребления с «базовым», определенным предварительным опытом. Организация самостоятельно устанавливает «базовую» линию, используя информацию, накопленную за предыдущий период на основании энергетического анализа и поставленных целей

Энергетическая базовая линия может быть «нормализована» посредством учета переменных величин, которые влияют на использование и/или потребление энергии, например, уровень производства, градусо-дни (температура снаружи помещений) и т.д.

Мониторинг осуществляется путем постоянного контроля значений индикаторов энергоэффективности. Индикатором энергоэффективности является отношение или другая количественная взаимосвязь между результатом работы, услуги, произведенными товарами или энергией и потребленной энергией.

В отличие от методики НпТЭР за базовый уровень принимается величина, которая базируется не на аналитическом расчете, а на анализе предыдущего опыта (фактических данных за предыдущий период, результатов аудита и др.) и цели, подкрепленной техническими мероприятиями. Это повышает доверие персонала предприятия к установленной величине базового уровня энергоэффективности.

Осуществляя постоянный автоматизированный мониторинг предприятие имеет возможность управлять процессом потребления ТЭР не только в статике но и в динамике.

Стандарт дает только подходы для создания системы энергоменеджмента на предприятии, не устанавливая ограничения на минимальные значения показателей энергоэффективности, в то время как НпТЭР ограничиваются для предприятий отраслевыми показателями [2, п.3]. Более детально вопросы контроля показателей энергоэффективности рассмотрены в Справочнике по наилучшим доступным технологиям ЕС [9 с.21-45].

Директива (Energy-using Products Directive 2005/32/EC) определяет энергоэффективность как «отношение выхода произведенных работ, услуг, продукции или энергии к количеству подведенной энергии».

Этот показатель энергоэффективности, представляющий собой затраты энергии на единицу произведенной продукции или выхода технологического процесса, называется «удельное энергопотребление» (УЭП) и наиболее широко используется в промышленности.

В простейшей форме УЭП может быть определен как:

Индекс энергоэффективности (ИЭЭ) может использоваться для оценки изменения энергоэффективности на протяжении заданного периода, и более полезен для мониторинга энергоэффективности системы, процесса или установки. Этот показатель определяется посредством деления базового УЭП ($УЭП_{баз}$) на УЭП рассматриваемого процесса или установки. В качестве базового УЭП может использоваться либо эталонное значение, принятое в отрасли, к которой относится рассматриваемый технологический процесс, либо УЭП рассматриваемого процесса в принятом базовом году:

С повышением энергоэффективности величина УЭП снижается, а величина ИЭЭ – увеличивается. Поэтому задачей менеджмента энергоэффективности является достижение минимально возможного УЭП и максимально возможного ИЭЭ.

Определение показателя выглядит обманчиво простым. Однако опыт количественного определения показателей в процессе мониторинга показывает, что для лучшего определения и оценки энергоэффективности необходим продуманный систематический подход.

Основное назначение показателей состоит в облегчении самостоятельного анализа и мониторинга энергоэффективности, а также сравнения энергоэффективности подразделений, процессов и установок. Хотя уравнение (1) и (2) выглядят несложными, с их практическим применением связан ряд проблем, которые должны быть решены перед применением показателей, особенно в случае сравнения одного технологического процесса с другим. В частности, должны быть определены границы процессов и систем, потоки энергии, а также методики сравнения различных видов и источников топлива.

Два следующих примера демонстрируют применение показателей УЭП и ИЭЭ, а также основные проблемы интерпретации их [9 с.33-45].

На рис. 2 представлен пример входных и выходных потоков производственной единицы, реализующей простой технологический процесс.

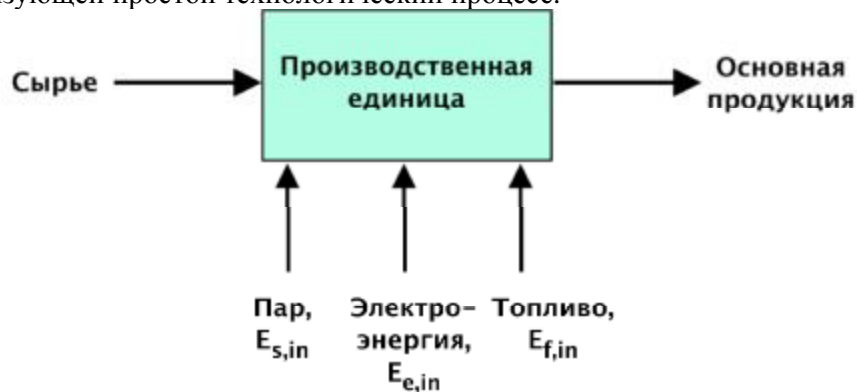


Рисунок 2. Потоки энергии в случае простого технологического процесса

УЭП данного процесса определяется по следующей формуле:

где P – количество произведенной продукции.

Важно, чтобы при использовании уравнения (3), различные потоки энергии были приведены к первичной энергии, причем на основе одной и той же методики. Принципиальное отличие такого подхода от НпТЭР заключается в том, что УЭП учитывает суммарное потребление всех видов ТЭР, а не в отдельности каждый вид.

На рис. 3 представлена более сложная ситуация, в которой имеют место как энергия, поставляемая за пределы системы, так и регенерация топлива в пределах подразделения или процесса. Этот пример демонстрирует принципы, применимые, с соответствующими уточнениями, ко многим предприятиям.



Рисунок 3. Поток энергии производственной единицы

УЭП для этого случая определится:

В рассмотренном примере прочая продукция – P_2 рассматривается как сопутствующая основной, в таком случае в качестве произведенной продукции можно рассматривать основную продукцию.

Как поступать, если существует несколько видов продукции (или один вид продукции, который может иметь различные характеристики), производимый партиями. Примером может служить полимерное производство, выпускающее различные сорта определенного полимера поочередно, на протяжении различных периодов, в зависимости от потребностей рынка. Производство различных сортов требует неодинаковых затрат энергии (как правило, производство более качественных сортов является более энергоемким). В этом случае может оказаться полезным определить усредненный показатель энергоэффективности для каждого сорта (на основе среднего энергопотребления при производстве данного сорта). Тогда удельное энергопотребление для конкретного периода может быть рассчитано как:

Сложное производственное предприятие может включать более одной производственной единицы или технологического процесса. Для определения энергоэффективности предприятия в целом его следует разделить на компоненты, в числе которых будут как компоненты, обеспечивающие основной технологический процесс, так и вспомогательные компоненты. Поток энергии, связанные с деятельностью такого предприятия, могут быть схематически представлены так, как показано на рис. 4.

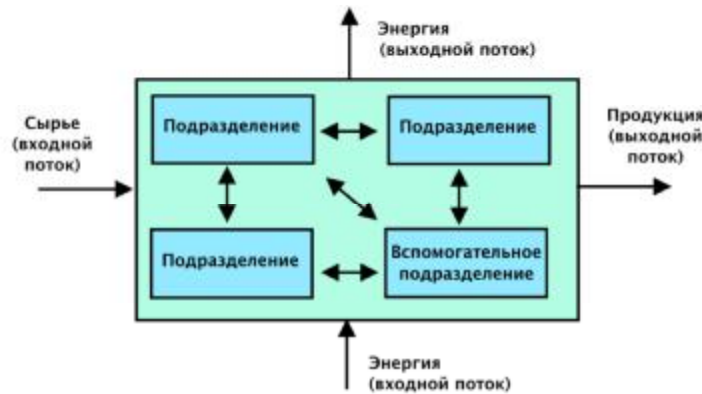


Рис. 4. Входные и выходные потоки предприятия

Производственное предприятие может выпускать различные виды продукции, каждый из которых характеризуется собственной энергоемкостью. Поэтому определение осмысленных показателей энергоэффективности для предприятия в целом не всегда представляет собой простую задачу. В частности, индекс энергоэффективности для предприятия может быть выражен как:

где:

$P_{i,j}$ – выпуск продукции вида j подразделением i за данный период;
 $УЭП_{баз,j}$ – базовое УЭП для вида продукции j .

Выводы: На основании анализа существующей государственной нормативно-правовой базы по нормированию ТЭР в Украине показано, что актуальной задачей является совершенствование методов контроля энергетической эффективности промышленного предприятия. Оценивать энергоэффективность предприятия целесообразно комплексом индикативных энергетических, экономических и экологических параметров, рассчитываемых на основе объективно контролируемых величин с помощью достаточно простых и однозначных методик. Целесообразно внедрять в практику энергоменеджмента предприятия стандарты ЕС и нормативно-методическую базу в области энергоэффективности.

Список использованных источников:

1. Закон України «Про енергозбереження» [електронний ресурс] / Верховна Рада України; Закон від 01.07.1994. - №74/94-ВР. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>
2. Загальне положення про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві [електронний ресурс] / Постанова кабінету міністрів України від 15.07.1997. - N786. – Київ. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/786-97-н>
3. Основні положення з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві [електронний ресурс] / Наказ Державного комітету України з енергозбереження. – Київ. - 22.10.2002. - №112. - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0878-02>
4. ДСТУ 4110-2002 Енергоощадність. Методика аналізу та розрахування питомих витрат енергоресурсів. Київ. – Держспоживстандарт України. – 2003. – 32 с.
5. Суходоля О.М. Система нормування питомих витрат енергоресурсів: за та проти - запрошення до обговорення [електронний ресурс] / О.М. Суходоля // ЭСКО: електр. журнал енергосервісної компанії «Екологічні системи». – 2005. - №3. - Режим доступу: http://www.journal.esco.co.ua/2005_3/art25.htm
6. Праховник А.В. Про «нормування» питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів в умовах ринкових взаємовідносин [електронний ресурс] / А.В. Праховник, В.Ф. Находов, О.В. Овдієнко // ЭСКО: електр. журнал енергосервісної компанії «Екологічні системи». – 2002. - №6. - Режим доступу: http://journal.esco.co.ua/2002_6/2002_6.pdf
7. Находов В.Ф. Аналіз діючих в Україні методик нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів // В.Ф. Находов, О.В. Бориченко, К.К. Кочетова. «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2007. – №2. – с. 42–48.

8. Денисюк С.П. Теоретичні основи побудови систем енергетичного менеджменту в Україні / С.П. Денисюк, О.В. Бориченко // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. - НТУУ «КПІ». -2015. - №1. – с.7-17.
9. *Справочный документ по наилучшим доступным технологиям [электронный ресурс] / Европейская Комиссия. Русская версия справочного документа.* – 2009. – с. 455. - Режим доступа: http://www.mactr.ru/univsubs/ecocentre/files/Power_efficiency.pdf
10. ДСТУ ISO 50001:2014 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. Київ. – ДП «УкрНДНЦ». – 2016.
11. Денисюк С.П. Формування політики підвищення енергетичної ефективності сучасні виклики та європейські орієнтири / С.П. Денисюк // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. - НТУУ «КПІ». -2013. - №2. - с.7-23.

References:

1. Law of Ukraine "On energy saving" [electronic resource] / Parliament of Ukraine; Act of 01.07.1994. - №74 / 94-VR. - Access: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/74/94-ep>
2. The general provisions on the valuation of specific consumption of energy resources in social production [electronic resource] / Cabinet of Ministers Ukraine of 15.07.1997. - N786. - Kyiv. - Access: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/786-97-n>
3. Summary of the valuation of the unit cost of fuel and energy resources in social production [electronic resource] / State Committee of Ukraine for Energy Conservation. - Kyiv. - 22.10.2002. - №112. - Access: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0878-02>
4. Energy-saving DSTU 4110-2002. Methodology and calculate energy consumption. Kiev. - Derzhspozhyvstandart Ukraine. - 2003. - 32 p.
5. Suhodolya A. The system of rationing energy consumption: for and against - an invitation to discussion [Electronic resource] / O. Suhodolya // *Esko: elektr. enerhoservysnoy company magazine "Environmental system."* - 2005. - №3. - Access: http://www.journal.esco.co.ua/2005_3/art25.htm
6. Prakhovnik A. On the "normalization" of specific consumption of fuel and energy resources in terms of market relationships [Electronic resource] / A. Prakhovnik, V. Nahodov, A. Ovdienko // *Esko: elektr. enerhoservysnoy company magazine "Environmental system."* - 2002. - №6. - Access: http://journal.esco.co.ua/2002_6/2002_6.pdf
7. Nahodov V. Analysis of operating in Ukraine valuation techniques specific consumption of energy resources // V. Nahodov, A. Borychenko, K. Kochetova. "Industrial electricity and electrical" *Promelectro: Information. zbornyk.* - 2007. - №2. - with. p.42-48.
8. Denisyuk S. The theoretical basis for building energy management systems in Ukraine / S. Denisyuk, O. Borichenko // *Energy: economics, technology, ecology*. - NTUU «КПІ». -2015. - №1. - p.7-17.
9. Reference Document on Best Available Techniques [electronic resource] / European Commission. Russian version of the reference document. - 2009. - p. 455. - Access: http://www.mactr.ru/univsubs/ecocentre/files/Power_efficiency.pdf
10. DSTU (ISO) 50001: 2014 Energy Saving. Energy management systems. Requirements and guidance on usage. Kiev. - SE "UkrNDNC." - 2016.
11. Denisyuk S. Formation of policies to increase energy efektyvnosti Challenges and European orientation / S. Denisyuk // *Energy: economics, technology, ecology*. - NTU "КПІ". -2013. - №2. - s.7-23.

Ключевые слова: методы контроля энергоэффективности, энергетический менеджмент на предприятии, нормативно-правовая база энергоэффективности.

Ключові слова: методи контролю енергоефективності, енергетичний менеджмент на підприємстві, нормативно-правова база енергоефективності.

Keywords: energy efficiency control methods, energy management on industrial plant, regulatory framework.

Рецензент: Т.Г. Логутова, д.э.н., профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет».