

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»**

**16+
ISSN 2071-6168**

**ИЗВЕСТИЯ
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Выпуск 3

**Тула
Издательство ТулГУ
2016**

УДК 628.9.04

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА КАК ПРИНЦИП УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

С.В. Гужов

Предложен аналитический подход к формированию системы оценки эффективности элементов системы энергоменеджмента, позволяющий оценить точность и доверительную вероятность возможности снижения объёмов потребления энерго-ресурсов и создает предпосылки к формированию обоснования эффективности внедрения элементов системы энергетического менеджмента в действующих электротехнических комплексах.

Ключевые слова: энергоменеджмент, точность, доверительная вероятность, энергосбережение.

Мероприятия, реализуемые организациями для снижения объёмов потребления энергетических ресурсов, основываются на внедрении в т.ч. элементов системы энергетического. Опыт пилотных внедрений показывает разную эффективность одинаковых энергосберегающих мероприятий для организаций при наличии либо отсутствии системы энергоменеджмента. Масштабное внедрение системы энергетического менеджмента сдерживается отсутствием показанной гарантии последующего снижения объёмов энергопотребления.

13 декабря 2011г. ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» инициировал разработку проекта национального стандарта ГОСТ Р, регламентирующего вопросы внедрения энергетического менеджмента на предприятиях. Целью документа являлось предоставление организациям механизма разработки систем и процессов, необходимых для снижения энергозатрат и повышения энергетической эффективности используемых процессов. Потенциал энергосбережения в российской экономике был оценён для различных секторов экономики (рис. 1). Наибольший потенциал энергосбережения был выявлен в промышленности, ТЭК, ЖКХ, в котором предполагалось экономить до 25% потребляемых энергоресурсов [1]. 26 октября 2012 г. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 568–ст ГОСТ Р ИСО 50001-2012 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» утверждён и введён в действие.

Стандарт предлагает следующий порядок реализации изменений: «планирование (plan) – осуществление (do) – проверка (check) – действие (act)». С момента утверждения элементы данной последовательности были переработаны и сформулированы, например, в качестве этапов реализации стратегии развития энергосбережением [1]:

I – ситуационный анализ (макроэкономические факторы, кооперационные связи, конкурентная среда);

II – прогнозные расчеты (динамика основных рыночных параметров, динамика технико-экономических параметров);

III – планирование целей развития (формирование приоритетов развития, технико-экономическое обоснования целей, расчет экономической эффективности);

IV – планирование стратегических действий (формирование программы развития, обеспечения конкурентоспособности, ресурсо- и энергосбережение).

Структура стандарта включает в себя концепцию цикличного прохождения этапов: энергетическое планирование; внедрение и функционирование; проверка; анализ со стороны руководства. Данный подход соответствует процессному подходу модели ключевых аспектов деятельности компании, включающий аспекты: финансовая деятельность, отношения с потребителями, обучение и развитие, организация бизнес-процессов внутри организации [2]. Внутренними процессами предприятия, в первую очередь затрагиваемыми при внедрении системы энергетического менеджмента (далее процессами СЭнМ), как и любого менеджмента, будут являться:

1. Обучение ответственного персонала с ожиданием получения эффекта, не относящегося к области эффектов от технических решений;

2. Внедрение инструмента планирования, позволяющего накапливать профильную информацию, анализировать её, принимать управленческие решения и изучать эффективность вносимых изменений. Часто таким инструментом является электронная информационно-аналитическая система;

3. Осуществление действий по постоянному улучшению результативности деятельности в области энергосбережения посредством реализации мероприятий, имеющих ожидаемым результатом снижение объёмов потребляемых энергоресурсов.

Одной из задач анализа результативности внедрения является определение минимального числа статистических данных (N_{MIN}), с достаточными для дальнейшего анализа точностью δ и доверительной вероятностью γ . Поскольку действие ГОСТ Р ИСО 50001-2012 распространяется на все организации Российской Федерации, рассмотрим эффекты его внедрения для известных документально подтверждённых примеров. В качестве анализируемых данных в статье рассматриваются документированные

факты (x_i), описывающие достижения экономии энергоресурсов на предприятии как результат внедрения СЭНМ. Исследуемый массив (X) анализируемых данных классифицируется как выборка k непрерывных случайных величин [3]. Среднеарифметическое значение:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^k x_i / k. \quad (1)$$

Математическое ожидание непрерывной случайной величины X , возможные значения которой принадлежат отрезку $[0; +\infty)$, рассчитывается через определённый интеграл:

$$M(X) = \int_0^{+\infty} x * f(x) dx, \quad (2)$$

где X – непрерывная случайная величина; $f(x)$ – плотность распределения непрерывной случайной величины X .

Опираясь на параметр $M(X)$, для выявления типа распределения случайной величины также удобно пользоваться правилом трёх сигм. На практике данное правило также используется в следующем виде: если распределение изучаемой непрерывной случайной величины неизвестно, но абсолютная величина отклонения превышает утроенное среднее квадратическое отклонений лишь в 0,27% случаев или меньше, то есть основание предполагать, что изучаемая величина распределена нормально; в противном случае она распределена не нормально [3].

Дисперсией непрерывной случайной величины:

$$D(X) = \int_0^{+\infty} [x - M(X)]^2 * f(x) dx. \quad (3)$$

Поскольку выборочная дисперсия является смещённой оценкой генеральной дисперсии, то на практике при объёме выборки $k < 30$ используют исправленную дисперсию с числом членов в знаменателе $(k - 1)$. В таком случае оценка значения дисперсии:

$$D(X) = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^2}{k - 1}. \quad (4)$$

Среднее квадратичное отклонение непрерывной случайной величины, т.е. рассеяние случайной величины вокруг её математического ожидания, определяется равенством:

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)}. \quad (6)$$

При необходимости оценить математическое ожидание с наперёд заданной точностью δ и доверительной вероятностью γ , минимальный объём выборки, который обеспечит эту точность, вычисляемую по формуле:

$$N_{MIN} = \frac{t^2 \sigma^2}{\delta^2}, \quad (6)$$

где t – аргумент, которому соответствует значение функции Лапласа, равное $\gamma/2$.

В случае с неизвестным значением σ генеральной совокупности используют оценку:

$$s^2 = \hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^2}{k-1}. \quad (7)$$

Формула (6) может быть преобразована:

$$N_{MIN} = \frac{t^2 s^2}{\delta^2}. \quad (8)$$

Нетрудно заметить, что (8) существенно зависит от значений анализируемых данных (x_i). Для дальнейшего анализа примем к рассмотрению несколько значений доверительной вероятности γ с расчётом N_{MIN} для каждого из них по формуле (8). Результаты (табл. 1) наглядно демонстрируют γ и δ для некоторых из рассчитанных объёмов выборки. Например, при $k=15$: $\delta=25\%$ и $\gamma=99\%$; при $k=25$: $\delta=5\%$ и $\gamma=50\%$.

Результаты расчётов $N_{MIN} = f(\delta, \gamma)$

доверительная вероятность (γ)	минимальное число статистических данных N_{MIN}		
	погрешность $\delta=5\%$	погрешность $\delta=25\%$	погрешность $\delta=50\%$
$\gamma=0,99$ ($t=2,58$)	364	15	4
$\gamma=0,95$ ($t=1,96$)	210	8	2
$\gamma=0,90$ ($t=1,65$)	149	6	1
$\gamma=0,80$ ($t=1,29$)	91	4	1
$\gamma=0,50$ ($t=0,68$)	25	1	0

При решении задачи определения минимального числа статистических данных необходимо задать граничные условия, заключающиеся в минимально допустимых значениях δ и γ . Случай, при котором $\gamma=1$ и $\delta=0$, возможен при $N_{MIN} \rightarrow \infty$, что маловероятно в случае внедрения СЭнМ в одной организации. Поэтому необходимо решить оптимизационную задачу выбора между погрешностью измерений (чем больше погрешность, тем меньше точности в определении эффекта от внедрения элемента системы энергетического менеджмента) и доверительным интервалом (чем больше интервал, тем больше вероятность пропуска значимых факторов).

Представляется важным установление возможной взаимосвязи такого процесса СЭНМ, как затраты на обучение ответственного персонала, и затрат на процесс реализации энергосберегающих мероприятий. Анализ проводился на основании выборки 100% исходных данных, полученных из официального сайта «Единой информационной системы в сфере закупок» [4]. Организациями, наиболее вложившимися в повышение квалификации в сфере развития элементов системы энергетического менеджмента, являются: в 2012 году Минэнерго России (37 616 500,00 руб.); в 2013 - ФГБУ "РЭА" Минэнерго России (8 000 000,00 руб.) и ПАО "ФСК ЕЭС» (5 962 245,00 руб.); в 2015 - ОАО "Межрегиональная распределительная сетевая компания Юга" (800 000,00 руб.). Распределения затрат на обучение и затрат на энергосберегающие мероприятия близки к нормальному (рис. 1), что подтверждает тезис о целесообразности проведения предварительного обучения персонала как первоначального этапа внедрения СЭНМ.

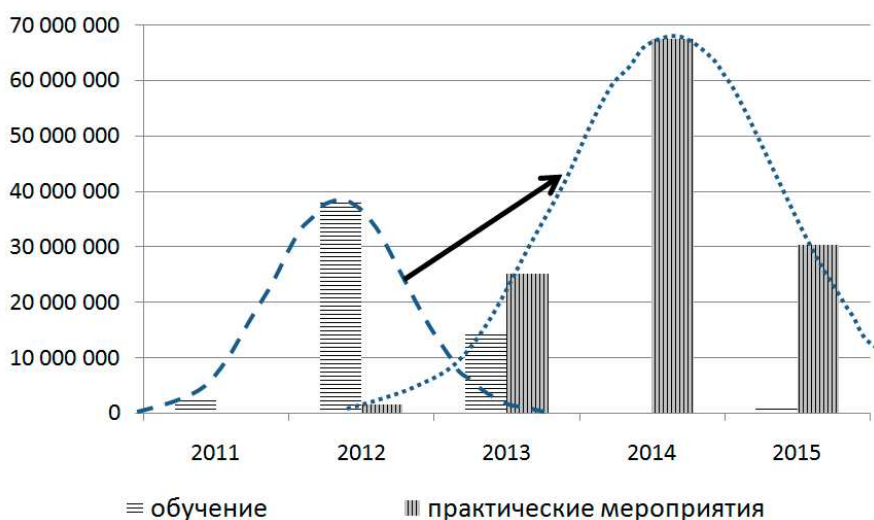


Рис. 1. Статистика суммарных стоимостей закупок (руб.), совершающихся в сфере развития элементов системы энергетического менеджмента

Проведённый анализ с точностью не ниже 95% и доверительной вероятностью $\gamma \geq 0,50$ показал связь между объёмами инвестирования в обучение персонала и последующей отдачей в виде, как минимум, 50%-го роста подготовленных и реализованных проектов внедрения энергосберегающих технологий.

Также необходимо отметить возможность повышения репутации компании за счёт информирования потенциальных потребителей о модернизации производства. Например, опубликованная в региональной газете информация о реализации энергосберегающего проекта на кондитерском комбинате ОАО «Кубань» явилась поводом к включению продукции комбината в состав армейского пайка [5].

Наибольший интерес представляет достоверность взаимосвязи расходов, связанных с внедрением стандарта ГОСТ Р ИСО 50001-2012 «Системы энергетического менеджмента...», и последующих снижений расходов на потребляемые энергоресурсы.

Рассмотрим тенденцию мероприятий «внедрение инструмента планирования», как элемент системы энергетического менеджмента. Наибольший объём данных, имеющий высокую точность (не ниже 80%) и доверительную вероятность $\gamma \geq 0,95$, накоплен в Министерстве Энергетики Российской Федерации. Снижение доли затрат на энергетические ресурсы в себестоимости продукции наблюдается у 62% компаний, причем у 18% из них снижение составило более 5%, а у 44% – от 3 до 5% [6].

Анализ данных о доле затрат на ТЭР в стоимости произведённой продукции за 2011-2014 гг. [6] показал, что внедрение элементов СЭнМ приводит к снижению затрат на ТЭР в среднем на 6-8% (рис. 2).

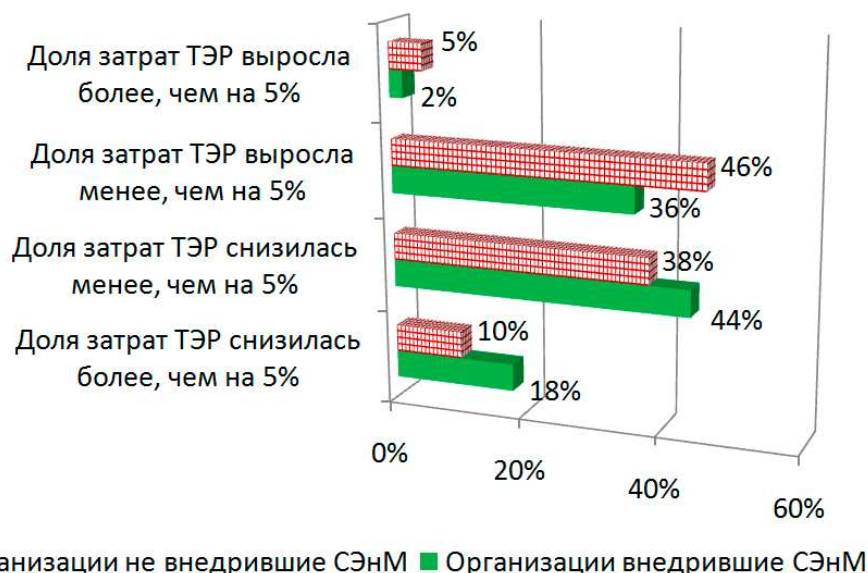


Рис. 2. Доля затрат на ТЭР в стоимости произведённой продукции за 2011-2014 г для компаний внедривших и не внедривших элементы СЭнМ

Аналогичную точность (не ниже 80%) и (не ниже 95%) достоверность имеет статистическая информация по внедрению стандарта EN 16001-2009 в Евросоюзе, позволившему снизить энергопотребление в среднем до 30% [7].

Высокой точностью, но существенной индивидуальностью, а значит низкой индивидуальной доверительной вероятностью, обладают, например, следующие примеры внедрения элементы СЭнМ:

1) для дочерних обществ ОАО «Лукойл» внедрение СЭнМ в части нормирования ТЭР позволила снизить энергоёмкость переработки нефти на 9,3%, потребление тепловой энергии - на 6,3% [8];

2) для ПАО «ФСК ЕЭС» внедрение smart greed в РФ как элемента системы энергетического менеджмента приведет к экономии 20-45% потребляемой электроэнергии; снижению потерь от перерывов в подаче электроэнергии до 15%; снижению аварийности и затрат на ремонтные работы до 10%; экономии при выработке электроэнергии тепловыми электростанциями до 10—15%; снижению коммерческих потерь электроэнергии на 95% за счет оперативного выявления несанкционированных подключений; двукратному снижению технических потерь за счет установки приборов учета более высокой точности и адресного ремонта сети [9];

3) для Воронежской области внесение разработанных корректировок подпрограммы «Внедрение ресурсосберегающих технологий в ЖКХ области» на 2004-2010 годы позволило получить дополнительный социально-экономический эффект в виде снижения потерь: электроэнергии – 9,1 %; тепловой энергии – 4,6 %; холодного и горячего водоснабжения – 5,3 %; газоснабжения – 6,4 % [1];

4) для ОАО «Тульский комбайновый завод» [10] в результате внедрения программы энергосбережения достигнуто 10%-е снижение потребления электроэнергии на единицу произведенной продукции;

5) для ОАО «НИПОМ» внедрение информационного программного комплекса от производителя ООО «Сименс», как элемента СЭнМ, позволило экономить до 10-15% затрат на энергопотребление [11];

6) для г. Омска внедрённая система энергетического прогнозирования, применённая к проблематике методологии городского строительства, позволила предотвратить годовой ущерб от подтопления на селитебной территории в 83,93 млн. руб. (в базовых ценах 1984 г.) [12];

7) для ТНК-ВР результаты программы энергосбережения за 2010 год показали фактический объём экономии, равный 69 млн. долл. [13];

8) внедрение элементов СЭнМ позволяет экономить до 50% инвестиций, затрачиваемых ранее на работы по повышению энергоэффективности [4];

9) для предприятий ОАО «СУЭК-Красноярск» эффект от внедрения организационно-экономического механизма управления энергосбережением за три года реализации программы энергосбережения оценивается в 50 млн. рублей [14];

10) для города Chattanooga, расположенного на юго-востоке США, внедрение smart greed как элемента системы энергетического менеджмента позволило достичь ежегодной экономии в 3.3 кВт·ч на потребителя [15];

11) для ОАО «Арзамасский завод коммунального машиностроения» (ОАО «КОММАШ») внедрение системы АСКУЭ и реконструкция системы электроснабжения позволили существенно снизить аварийность в работе, приносявшие ранее убытки на сумму до 9,4 млн. рублей в год. Полу-

ченная прямая экономия от повышения энергетической эффективности составила 5,5 млн. руб., что в совокупности составило около 40% от общей суммы энергозатрат предприятия [11];

12) для кондитерского комбината ОАО «Кубань» модернизация производственных линий позволило увеличить объем производства на 20-25% и снизить себестоимость выработки на 19,4%. Единовременные инвестиции объемом 15,5 млн. руб. принесли эффект на сумму 6,5 млн. руб. в первый год [5];

13) для ОАО «Янтарьэнерго» при внедрении элементов системы smart greed доля экономии ожидается около 17% [15];

14) для ОАО «БЭСК» [16] усовершенствование систем управления и внедрение более 100 тыс. приборов «интеллектуального» учёта привело к: сокращению автотранспортного парка и расходов на ГСМ до 20%; увеличению производительности труда на 60%; сокращению сроков формирования годовой программы закупок на 33%; увеличению полезного отпуска на 13% при снижении потерь (с 9.3% до 8.4% за 2011-2014гг.); сокращению средней продолжительности перерывов электроснабжения более чем в 2 раза;

15) для тайваньской компании AU Optronics внедрение СЭнМ позволило сократить потребление электрической энергии на 10%, что составляет 55 млн. кВт·ч [17];

16) для австрийского муниципалитета Vad Eisenkappel внедрение СЭнМ сократило электропотребление на 25 % [17], [18].

Значительная часть внедрения энергосберегающих мероприятий происходит посредством энергосервисных контрактов. Выборка с официального сайта Единой информационной системы в сфере закупок [19] по энергосервисными контрактам, имеющим начальную (максимальную) цену контракта (НМЦК) свыше 200 млн.руб., приведена на рис. 4.

Несмотря на значительную сумму НМЦК, заметен рост числа подобных контрактов, что подтверждает тезис о взаимосвязи затрат на обучение ответственного персонала и затрат на реализацию энергосберегающих мероприятий. Поскольку источник выборки [18] является единой для всей Российской Федерации базой заключенных контрактов, то полученные данные (рис. 3) имеют точность не ниже 95% и доверительную вероятность $\gamma \geq 0,99$.

Наиболее крупными заказчиками, реализующими практические мероприятия в области внедрения элементов СЭнМ, являются [18]: в 2013 Министерство образования и науки Российской Федерации (НМЦК = 23 200 000,00 руб.), в 2014 - АО " Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях " (9 266 380,00 руб.) и АО "Югорская региональная электросетевая компания"

(34 500 000,00 руб.), в 2015 - ОАО "РАО Энергетические системы Востока"(14 305 000,00 руб.) и ОАО "Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях" (9 263 000,00 руб.).

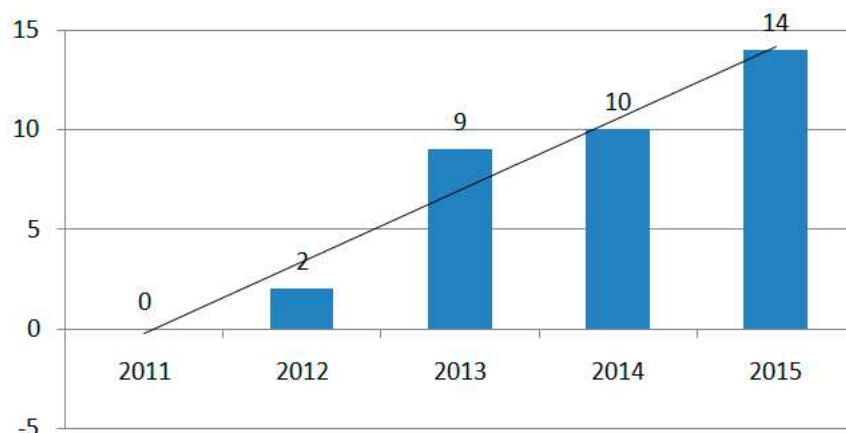


Рис. 3. Число энергосервисных контрактов, НМЦК свыше 200 млн.руб.

Предложенный аналитический подход к формированию системы оценки эффективности элементов системы энергоменеджмента, основанный на анализе статистических данных с использованием нормального распределения, позволяет установить связь между объёмами инвестирования в обучение персонала и последующим ростом числа подготовленных и реализованных проектов внедрения энергосберегающих технологий.

Агрегирование приведённой выборки: $X=[X1; X16]$ с точностью не ниже 75% и доверительной вероятностью $\gamma \leq 0,99$ позволяет сделать вывод о том, что внедрение системы энергетического менеджмента на предприятиях различного масштаба приводит в среднем к снижению объёмов потребления энергетических ресурсов не менее чем на 8-17% относительно базового уровня.

Список литературы

1. Семенов В.Н. Методологические основы управления системой энергосбережения в жилищно-коммунальном комплексе муниципального образования: автореф. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2011: утв. 2011/ В.Н. Семенов. М., 2011. 40 с.
2. Lambert G. ISO 50001 pilot programme: US companies implement standard with government support / G. Lambert // ISO Focus+. 2011. P. 11-14.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для бакалавров / В.Е. Гмурман. 12-е изд. М.: Юрайт, 2013. 479 с.

4. Аниськина Н.Н. К энергоэффективности через энергоменеджмент Компетентность №1. 2013. [Электронный ресурс] URL: <http://www.asms.ru/upload/iblock/780/78005c8a68fc575eabcfc2f51cea2737.pdf>. Дата обращения: 10.03.2016.

5. Чуксина, Е.В. Внедрение системы энергоменеджмента на предприятиях // ЗАО "Энерго-Сервисная Компания". Портал организации. [Электронный ресурс] URL: <http://www.esk-e3.ru/press/smi/23-vnedrenie-sistemyi-energomenedjmenta-na-predpriyatiyah>. Дата обращения: 10.03 2016.

6. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации в 2014 году // Министерство Энергетики Российской Федерации. [Электронный ресурс] URL: <http://gisee.ru/articles/stat/57079/> Дата обращения: 10.03 2016.

7. Михалевич И. Стандарты энергоменеджмента / И. Михалевич // Экономическая газета (2012 январь 01). [Электронный ресурс] URL: <https://neg.by/novosti/otkrytj/standarty-energomenedzhmentac-15654>. Дата обращения: 10.03 2016.

8. Отчёт о деятельности ГК «Лукойл» за 2002 год // ГК «Лукойл». 2002. [Электронный ресурс] URL: <http://www.lukoil.ru/static.asp?id=18>. Дата обращения: 10.03 2016.

9. Евлашин, С. Применение технологий Smart Grid в контексте решения задач повышения энергоэффективности организаций / С. Евлашин // НИИЯФ МГУ. М., 2013. [Электронный ресурс] URL: <http://energoeducation.ru/files/prez%205-2%20Evlanshin.pdf>. Дата обращения: 10.03 2016.

10. Эффективный энергоменеджмент предприятия и системы автоматизированного учёта. ООО «МБР», 2012. [Электронный ресурс] URL: <http://aiistue.ru/files/EnergoManagement.pdf>. Дата обращения: 10.03 2016.

11. Шанцев, В. ОАО «НИПОМ»: эффект энергоменеджмента // Инвестиционный каталог Нижегородской области №28. [Электронный ресурс] URL: <http://invest-catalog.ru/number:27/article:432/>. Дата обращения: 10.03 2016.

12. Сологаев, В.И. Прогнозы и моделирование подтопления и дренирования в городском строительстве: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.23.16: защищена: 2003: утв. 2003/ В.И. Сологаев. Омск, 2003. 352 с.

13. Отчёт о результатах работы компании по приоритетным направлениям за 2014 год ТНК-ВР // ОАО «ТНК-ВР Холдинг». 2014. [Электронный ресурс] URL: <http://www.slideshare.net/irinadremucheva/iso-50001-2>. Дата обращения: 10.03 2016.

14. Карпенко М.В. Формирование организационно-экономического механизма управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях: автореф. ... канд экон. наук: 08.00.05: защищена: 2015: утв. 2015/ М.В. Карпенко. М., 2015. 24 с.

15. Гужов С.В. Интеллектуальные электросети и энергоменеджмент в развитии регионов России // АВОК ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ №7. 2015. С. 46-48.

16. Макаров А.Ю. Материалы презентации: развитие эффективной региональной энергетики ОАО «БЭСК» // Российский Энергетический форум; пленарное заседание. 2015.

17. Организации, внедрившие первыми стандарт ИСО 50001, сообщают о значительных преимуществах ООО «Люди дела», 2011. [Электронный ресурс] URL: <http://quality.ludidela.ru/articles/638556/>.

18. Pinero E. Energy excellence: In comes the ISO 50001 energy management system standard // ISO Focus+. 2011. P. 8-10.

19. Официальный сайт Единой информационной системы в сфере закупок. [Электронный ресурс] URL: <http://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html>. Дата обращения: 10.03 2016.

Сергей Вадимович Гужов, канд. техн. наук, зам. начальник отдела энергоменеджмента, GuzhovSV@yandex.ru, Россия, Москва, Национальный исследовательский университет "Московский энергетический институт"

THE INTRODUCTION OF AN ENERGY MANAGEMENT SYSTEM AS THE PRINCIPLE OF COST MANAGEMENT ON EXISTING ELECTRICAL COMPLEXES

S.V. Guzhov

An analytical approach to the formation of a system of assessing the effectiveness of the elements of the energy management system, which allows to evaluate the accuracy and confidence probability opportunities to reduce consumption of energy and resources volumes and creates the preconditions for the formation of justification is efficiency-Drenia elements of the energy management system in the existing electro-technical complexes.

Key words: energy management, accuracy, confidence level, energy saving.

Sergey Vadimovich Guzhov, candidate of technical sciences, deputy head of energy management department, GuzhovSV@yandex.ru, Russia, Moscow, National Research University "Moscow Power Engineering Institute"