

НАУЧНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ СОВМЕСТНОГО ЭНЕРГОЭКОАУДИТА

Н. С. Попов, Чан Минь Тьинь, Л. Н. Чуксина

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»; ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор М. А. Промтов

Ключевые слова и фразы: система «энергетика – экология»; формализация задачи энергоэкоаудита; энергетический и экологический аудиты.

Аннотация: Продемонстрировано значение энергетического и экологического аудитов для повышения эффективности действующих производств. Рассмотрены нормативно-правовые материалы, обеспечивающие основу процесса проведения аудитов. Сфокусировано внимание на необходимости проведения совместного энергоэкоаудита как междисциплинарного исследования. Рассмотрены четыре варианта «взаимодействий» энергетических и экологических факторов в системе «энергетика – экология». Обоснован выбор критериев энергоэкоаудита, поставлена задача повышения энергоэффективности с ограничением на экологические параметры. Предложен алгоритм работы аудиторов.

Развитие топливно-энергетического комплекса (ТЭК) относится к числу безусловных приоритетов в системе обеспечения национальной безопасности Российской Федерации. Вследствие этого цели и задачи «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» сфокусированы на максимальное использование природных энергоресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения и содействие укреплению ее внешнеэкономических позиций [1].

Вместе с тем Минэкономразвития России заинтересовано в снижении зависимости экономики от потенциала ТЭК и видит перспективу в разви-

Попов Николай Сергеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды», e-mail: post@nnn.tstu.ru; Тьинь Чан Минь – аспирант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», ТамбГТУ; Чуксина Людмила Николаевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Лингвистика и лингводидактика», ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина», г. Тамбов.

тии инновационных малоэнергоемких секторов хозяйства и реализации технологических возможностей энергосбережения, которые становятся ключевым фактором в сокращении издержек производства и себестоимости производимых товаров и услуг, повышении их конкурентоспособности и важнейшим направлением модернизации жилищно-коммунального хозяйства России. Принцип «всемерного уменьшения энергозатрат и достижения наивысшей эффективности их использования» на сегодняшний день оказывается особенно актуальным. По официальным данным потенциал энергосбережения в России составляет сотни миллионов тонн условного топлива, а эффект от его реализации ожидаем в экономической, социальной, экологической и политической областях.

Важнейшим документом в сфере экономии энергоресурсов является ФЗ «Об энергосбережении...» [2], в котором предусмотрена организация энергетического обследования (аудита) производственных объектов и систем в целях получения достоверной информации об объеме используемых ими энергоресурсов, показателях энергоэффективности, выявления возможностей энергосбережения и разработки перечня энергоэффективных мероприятий с оценкой их стоимости и последующим отражением всех полученных результатов в энергетическом паспорте промышленного потребителя ТЭР (ГОСТ Р 51379–99). Порядок проведения энергоаудита закреплен в документах, разработанных Минтопэнерго РФ, одним из которых являются Правила проведения энергетических обследований организаций [3].

Одна из серьезных проблем развития ТЭК связана с воздействием энергетики на состояние окружающей природной среды: с выбросами в атмосферу попадает почти половина всех вредных веществ, до 70 % парниковых газов, а в водоемы – примерно 30 % загрязненных вод. В этой связи в Правилах записано: «Рекомендации по энергосбережению и рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) не должны снижать экологические характеристики работающего оборудования и технологических процессов, уровень безопасности и комфортности работы персонала, качество и безопасность продукции» [3]. Это означает, что анализ энергоэффективности на промышленных предприятиях должен проводиться не изолированно, а в сочетании с экологическим контролем за работой действующего оборудования и оценкой возможных негативных экологических последствий от реализации энергосберегающих технологий.

Иными словами энергоаудит следует проводить совместно с экоаудитом в целях согласования энергетической и экологической безопасности. При этом энергобезопасность достигается за счет экономии ТЭР, оптимизации режимов энергопотребления на основе использования «наилучших существующих технологий» (бенчмаркинга), с учетом действующих стандартов и норм, а экобезопасность достигается в результате снижения негативного воздействия производственной деятельности на окружающую природную среду в соответствии с нормативами допустимого воздействия в результате использования бенчмаркинга в защите природы, рационального использования ресурсов, с учетом действующих законов, стандартов, норм и правил.

Правовая основа экоаудита закреплена в ст. 1 ФЗ «Об охране окружающей среды», где записано: «Экологическим аудитом является независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельностью требований, в том числе нормативов и нормативных документов в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовки рекомендаций по улучшению такой деятельности» [4]. Итоговым документом экоаудита является экологический паспорт природопользователя (ГОСТ Р 17.0.0.06–2000), в котором нашло отражение и потребление энергоносителей. Порядок проведения экоаудита определен ГОСТы Р ИСО 14010–98 и 14011–98.

Принципиальные отличия в проведении совместного аудита от независимых энергетического и экологического состоят в следующем:

1) совместный аудит – комплексное междисциплинарное обследование производств, обладающее существенно большей сложностью по сравнению с независимыми энергетическим и экологическим аудитами;

2) нормативно-правовая и методическая базы проведения совместного аудита отсутствуют, что препятствует его широкому практическому применению;

3) постановка задач энергоэкоаудита неоднозначна. Какой проблеме отдать предпочтение (энергетической или экологической) окончательно становится известно лишь по завершении процедуры обследования;

4) аудиторы должны обладать системными знаниями в энергетической и экологической областях, что требует соответствующего документального подтверждения.

В работе [5] обсуждается важность идеи объединения процедур энергетического и экологического обследований в одно целое, но в них отсутствуют разъяснения о том, как преодолеть дуализм задач энергоэкоаудита. И в этой связи статья посвящена формализации вариантов задач совместного энергоэкоаудита, позволяющей:

– более осознанно проводить комплексное обследование;

– делать правильный выбор состава мероприятий в пользу энергетической и/или экологической безопасности производств и комплексов.

Для описания возможных вариантов задач совместного энергоэкоаудита рассмотрим четыре ситуации в парадигме «энергетика–экология» обследуемого промышленного производства:

1) повышение энергоэффективности технологического оборудования значительно не отражается на экологической безопасности производства;

2) модернизация систем экологической защиты существенно не снижает показатели энергоэффективности производства;

3) повышение энергоэффективности оборудования параллельно приводит и к улучшению состояния экологической безопасности производства;

4) модернизация действующего энергопотребляющего оборудования снижает экологическую безопасность производства, а модернизация систем экологической защиты ухудшает энергетическую.

Рассмотренные ситуации отобразим на графиках рис. 1 и для лучшего понимания характера отношений в парадигме «энергетика–экология» продемонстрируем их в линейном виде. В качестве индикаторов энергетической E_N и экологической E_K безопасности используем обобщающее

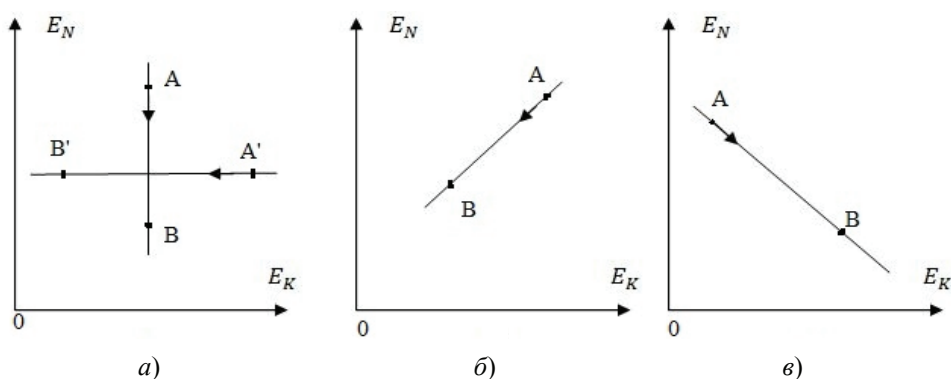


Рис. 1. Примеры отношений в парадигме «энергетика – экология» обследуемого промышленного производства:
a – раздельное; *б* – снижение E_N и E_K ; *в* – компромиссное

понятие потенциальных потерь. Тогда уменьшение E_N и E_K формально означает на рис. 1 переход из точки А в точку В, что свидетельствует об улучшении безопасности производства в энергетическом и/или экологическом плане. В частности рис. 1, *a* соответствует раздельному проведению энергетического (экологического) обследования. Рис. 1, *б* демонстрирует вариант отношений, в котором модернизация технологического оборудования ведет к снижению значений E_N и E_K . На рис. 1, *в* показана ситуация, в которой уменьшение энергопотерь E_N приводит к увеличению экопотерь E_K и наоборот. В такой ситуации требуется принятие компромиссного решения.

Итогом проведения энергоэкоаудита в идеале является разработка состава мероприятий, способного обеспечить наивысшую энергоэкологическую эффективность производства, при соблюдении требований по всем остальным его показателям: плану выпуска продукции, ее качеству, условиям труда и т.д. Этого можно достичь только в случае постановки и решения оптимизационных задач, соответствующих ситуациям в парадигме «энергетика – экология».

Для формализации данных задач рассмотрим некоторый условный объект энергоэкоаудита (рис. 2). Ресурсной базой любого производства являются: $\bar{\mathcal{E}}$ – энергия, $\bar{\mathcal{P}}$ – персонал, $\bar{\mathcal{C}}$ – сырье, представленные в виде векторных входных переменных. Их потребление по технологии производства должно осуществляться в заданном количестве и качестве. Тогда $\bar{\mathcal{E}} = \bar{\mathcal{E}}(K_1)$, $\bar{\mathcal{P}} = \bar{\mathcal{P}}(K_2)$, $\bar{\mathcal{C}} = \bar{\mathcal{C}}(K_3)$, где K_1 , K_2 и K_3 – характеристики качества ресурсов, влияющие на разнообразные оценки деятельности производства, такие как \bar{P} , \bar{Q} , \bar{T} и \bar{Z} – группы экономических, экологических, технико-технологических и социально значимых показателей соответственно. В состав каждой такой группы могут входить от 5 до 15 – 20 критериев оценки.

Улучшение энергетической и экологической эффективности производства в значительной мере зависит от выбора компонент векторов \bar{w} и \bar{i} , определяющих вид мероприятий соответственно «структурного»

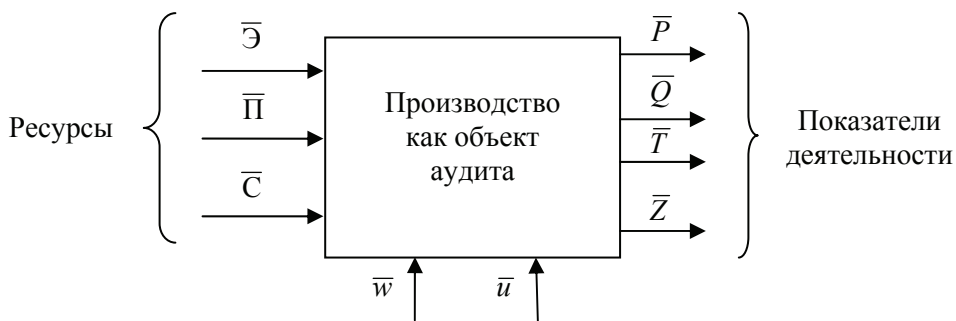


Рис. 2. Структурная схема объекта аудита

и «режимного» характеров, по сути являющихся заключительными рекомендациями аудиторов. Под «структурными» мероприятиями следует понимать состав технологического оборудования, рекомендуемого к замене на более эффективное инновационное, а под «режимными» – оптимальные условия ведения технологических процессов производства (температуру, давление, расход, концентрацию и другие), найденные экспериментально или расчетным путем после реализации на производстве «структурных» преобразований.

Формально математическую модель производства можно представить в виде следующей системы уравнений

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \bar{f}_1(\bar{\mathcal{E}}, \bar{\Pi}, \bar{C}, \bar{w}, \bar{u}); & \bar{Q} &= \bar{f}_2(\bar{\mathcal{E}}, \bar{\Pi}, \bar{C}, \bar{w}, \bar{u}); \\ \bar{T} &= \bar{f}_3(\bar{\mathcal{E}}, \bar{\Pi}, \bar{C}, \bar{w}, \bar{u}); & \bar{Z} &= \bar{f}_4(\bar{\mathcal{E}}, \bar{\Pi}, \bar{C}, \bar{w}, \bar{u}), \end{aligned} \quad (1)$$

где $\bar{f}_1 - \bar{f}_4$ – векторные функциональные операторы.

Для рассматриваемой парадигмы «энергетика – экология» особую значимость представляют такие показатели работы производства, как удельная энергоемкость продукции $T_{уд}$ и удельное производство отходов $\bar{q}_{уд}$, входящие в технико-технологическую и экологическую группы показателей соответственно. Переменная $T_{уд}$, Дж/ед. продукции, – отношение всей потребляемой на нужды производства энергии за интересующий промежуток времени (например за год), к объему произведенной за этот период времени продукции V

$$T_{уд} = \frac{\bar{\mathcal{E}}_{год}}{V},$$

где $\bar{\mathcal{E}}_{год}$ – потребленная энергия всех видов в пересчете на условное топливо, Дж; V – объем продукции в натуральном или условном выражении.

Переменная $q_{уд}$, т/ед. продукции, – отношение всего количества образованных за год отходов $\sum_i Q_{отх.i}$ (например в тоннах), к годовому объему выпущенной продукции V

$$q_{уд} = \sum_i Q_{отх.i} / V,$$

где $\sum_i Q_{отх.i}$ – сумма всех видов отходов, определяемая согласно [3] из материального баланса

$$\sum_i Q_{\text{отх},i} = \sum_j C_j - \sum_l P_l, \quad (2)$$

где $\sum_j C_j$ – суммарное количество j -го вида сырья и материалов, поступивших в производство за год, т; $\sum_l P_l$ – суммарное количество сырья и материалов l -го вида, перешедших в целевую продукцию за год, т.

В составе $\sum_i Q_{\text{отх},i}$ неизбежные безвозвратные потери сырья и материалов в газовой, жидкой и твердой фазах за год работы производства. Отметим, что $T_{\text{уд}}$ и $q_{\text{уд}}$ напрямую зависят от выбора \bar{w} и \bar{u} , то есть $T_{\text{уд}} = T_{\text{уд}}(\bar{w}, \bar{u})$ и $q_{\text{уд}} = q_{\text{уд}}(\bar{w}, \bar{u})$.

Определение в ходе проведения энергоаудита $T_{\text{уд}}$ и $q_{\text{уд}}$ позволяет сравнить их со значениями $T_{\text{уд}}^{\text{H}}$ и $q_{\text{уд}}^{\text{H}}$ в аналогичных производствах, использующих наилучшие существующие технологии отечественного или мирового уровня. При этом возможны следующие варианты анализа:

1. $T_{\text{уд}} \leq T_{\text{уд}}^{\text{H}}, \quad q_{\text{уд}} \leq q_{\text{уд}}^{\text{H}};$
2. $T_{\text{уд}} > T_{\text{уд}}^{\text{H}}, \quad q_{\text{уд}} \leq q_{\text{уд}}^{\text{H}};$
3. $T_{\text{уд}} \leq T_{\text{уд}}^{\text{H}}, \quad q_{\text{уд}} > q_{\text{уд}}^{\text{H}};$
4. $T_{\text{уд}} > T_{\text{уд}}^{\text{H}}, \quad q_{\text{уд}} > q_{\text{уд}}^{\text{H}}.$

Для варианта 1 нет необходимости в модернизации систем энергетической и экологической безопасности; для варианта 2 очевидна необходимость решения задачи энергосбережения; для варианта 3 в первую очередь требуется решение задачи сбережения материальных ресурсов; для 4 – решение задачи и энергетической и экологической безопасности.

Разработка рекомендаций по результатам проведения энергоаудита при выборе \bar{w} и \bar{u} предполагает постановку и решение соответствующих оптимизационных задач. В качестве примера рассмотрим формализацию задачи энергосбережения для варианта 2.

Необходимо найти множество таких значений \bar{w}^* и \bar{u}^* :

$$\{\bar{w}^*, \bar{u}^*\} = \bigcup_{\substack{\bar{w} \in \bar{W}, \\ \bar{u} \in \bar{U}}} \arg \min_{\substack{\bar{w} \in \bar{W}, \\ \bar{u} \in \bar{U}}} T_{\text{уд}}(\bar{w}, \bar{u}), \quad (4)$$

при которых адекватны уравнения модели производства (1) и выполняется плановое задание по выпуску целевой продукции

$$V = V_{\text{зад}}, \quad (5)$$

адекватны модели прогноза распространения примесей в окружающей природной среде

$$C_i^v = \bar{f}_5(C_{\text{иф}}, G, S^v, M) \quad (6)$$

и удовлетворяются санитарно-гигиенические ограничения (предельно-допустимая концентрация – ПДК) на состояние окружающей среды

$$C_i^v(x, y, z) \leq C_i^{\text{vПДК}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad v = 1, 2, 3 \quad (7)$$

и ограничение на удельное производство отходов

$$q_{уд} \leq q_{уд}^H, \quad (8)$$

а также на выбор допустимых значений \bar{w} и \bar{u} :

$$\bar{w} \in \bar{W}, \quad \bar{u} \in \bar{U}, \quad (9)$$

где $C_i^v(x, y, z)$ – концентрация i -го вида примеси, образуемой в качестве отходов производства, в точке с координатами (x, y, z) v -й природной среды ($v = 1$ – атмосфера, $v = 2$ – гидросфера, $v = 3$ – педосфера); C_i^v – фоновые значения концентрации i -й примеси в среде v -го типа; G – мощность источника выделения примеси; S^v – параметры условий переноса примеси в v -й среде; M – метеоусловия, влияющие на процессы распространения i -й примеси; \vec{f}_5^v – векторный функциональный оператор; $C_i^{vПДК}$ – предельно-допустимая концентрация i -го вещества в v -й среде. В частности, для $v = 1$ значения $C_i^1(\cdot)$ могут быть найдены по методике ОНД-86 [4].

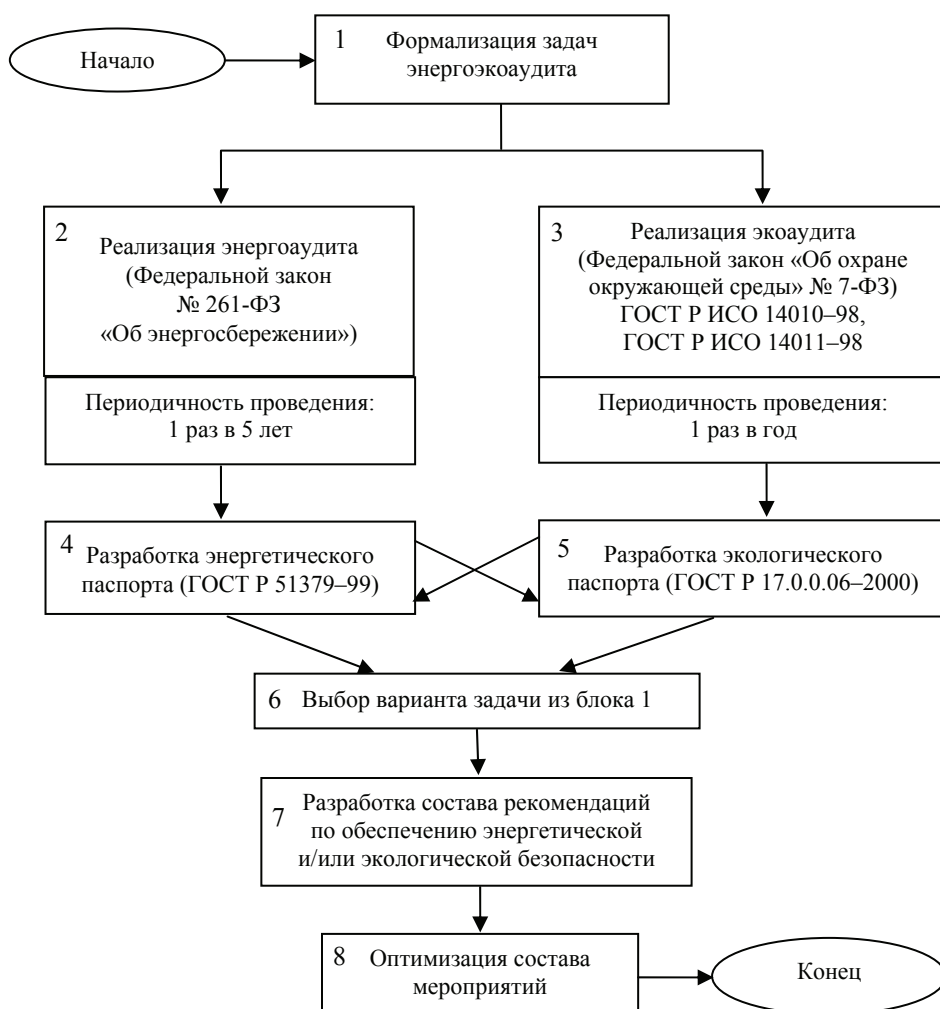


Рис. 3. Последовательность работы аудиторов

Постановка задач оптимизации в соответствии с вариантами в (3) имеет важное, но все же промежуточное значение в процессе поиска энерго- и экоэффективных решений. Она позволяет уточнить «профиль» задач энергоэкоаудита в каждой конкретной ситуации, выявить смысловые или идейные особенности ее решения и сделать следующий шаг вперед – подобрать состав мероприятий (в виде наполнения множеств W и U техническими предложениями), от которых будет зависеть повышение энергетической и/или экологической эффективности производства. Окончательный выбор комплекта значений \bar{w}^* и \bar{u}^* должен быть сделан уже на основе использования стоимостного критерия.

Итак, не нарушая действующих правил по проведению энергетического и экологического обследований, алгоритм реализации совместного энергоэкоаудита покажем на рис. 3. Аудиторы начинают работу с изучения возможных вариантов задач энергоэкоаудита (блок 1). Затем в блоках 2 и 3 реализуют действующие подходы к проведению соответственно процедур энерго- и экоаудита. В блоках 4 и 5 осуществляют разработку паспортов с учетом выявленных взаимосвязей парадигмы «энергетика – экология». В блоке 6 выбирают вариант задачи оптимизации адекватной результатам совместного аудита, а в блоке 7 формируют состав мероприятий, потенциально способствующих ее решению. В блоке 8 находят оптимальный по стоимости состав энерго- и/или экоэффективных мероприятий.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года : распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 г. № 1715-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/96681/> (дата обращения: 10.06.2014 г.).
2. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федер. закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ (ред. от 28.12.2013) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157142/ (дата обращения: 10.06.2014 г.).
3. Правила проведения энергетических обследований организаций от 25.03.1998 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://portal-energo.ru/files/articles/portal-energo_ru_pravila_provedeniya_energoaudita_organizatsiy.pdf (дата обращения: 10.06.2014 г.).
4. Об охране окружающей среды : федер. закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/12125350/> (дата обращения: 10.06.2014 г.).
5. Завадский, В. Г. Экологические аспекты в энергосберегающей политике сетевых предприятия / В. Г. Завадский, А. В. Кошелев // Энергоаудит. – 2007. – № 3. – С. 26 – 31.
6. Методические указания по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение : приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19.10.2007 г. № 703 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/902071603> (дата обращения: 29.04.2014 г.).

7. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятия. ОНД-86. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 94 с.

References

1. <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/96681/> (accessed 10 June 2014).
2. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157142/ (accessed 10 June 2014).
3. http://portal-energo.ru/files/articles/portal-energo_ru_pravila_provedeniya_energo_audita_organizatsiy.pdf (accessed 10 June 2014).
4. <http://base.garant.ru/12125350/> (accessed 10 June 2014).
5. Zavadskii V.G., Koshelev A.V. *Energoaudit*, 2007, no. 3, pp. 26-31.
6. <http://docs.cntd.ru/document/902071603> (accessed 29 April 2014).
7. *Metodika rascheta kontsentratsii v atmosfernom vozdukh vrednykh veshchestv, soderzhashchikhsya v vybrosakh predpriyatii. OND-86* (Method of calculating the concentration in the air of harmful substances contained in the plant's emissions. OND-86), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987, 94 p.

Scientific-Legal Basis of Conducting Joined Energy-and-Environment Audit

N. S. Popov, Chan Minh Tin, L. N. Chuksina

*Tambov State Technical University;
Tambov State University named after G. R. Derzhavin, Tambov*

Key words and phrases: energy-and-environment audit; energy-and-environment audit formalization; system: “energy – environment”.

Abstract: The paper deals with the essence of energy-and-environment audit to improve the performance of the existing companies. The author examined legal materials, which provide the basis of the audit process. Their attention was focused on the need for a joint energy-and-environment audit as interdisciplinary research. The authors considered four options of “interactions” between energy and environmental factors in the “energy – environment” system. The choice of the criteria energy-and-environment audit is grounded, the task of improving energy efficiency with restriction on environmental parameters is set. An algorithm of auditing is proposed.

© Н. С. Попов, Чан Минь Тьинь, Л. Н. Чуксина, 2014

Статья поступила в редакцию 10.04.2014 г.