

Методика интегральной оценки уровня энергоэффективности непромышленных объектов

А.Б. Лоскутов, Е.Б. Солнцев, С.А. Петрицкий, П.В. Терентьев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Аннотация: В настоящее время основными критериями энергоэффективности для непромышленных объектов являются: удельное потребление энергоресурсов на квадратный метр занимаемой площади, наличие приборов учета, наличие энергосервисных контрактов. Данные критерии не позволяют комплексно оценить эффективность использования энергии, а также работу персонала по повышению энергоэффективности объекта. Авторами разработана методика по определению уровня энергоэффективности объекта (здание, группа зданий) с учетом объективных и субъективных факторов. Предлагаемый подход дает возможность ранжировать различные объекты по уровню их энергоэффективности, что позволяет более эффективно формировать инвестиционные программы по повышению энергоэффективности. Данную методику можно использовать для мониторинга энергоэффективности объектов и оценки качества, проводимых на них работ по повышению энергоэффективности. Анализ показателей по отдельным направлениям позволяет выявлять наиболее «слабые» места по повышению энергоэффективности.

Ключевые слова: энергоэффективность объекта, энергосбережение, удельное потребление энергоресурсов, энергетическое обследование, энергосберегающие мероприятия, индикаторы, методика, мониторинг.

Федеральный закон 261-ФЗ от 23.11.2009 г. вводит перечень организаций, для которых необходимо проведение обязательного энергетического обследования с разработкой энергетического паспорта и программы энергосбережения (Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»).

Однако, факт проведения энергоаудита (наличие энергетического паспорта и программы энергосбережения) не является критерием эффективности использования энергоносителей обследованной организацией.

В настоящее время основными критериями энергоэффективности являются удельное потребление энергоресурсов на квадратный метр

занимаемой площади, наличие приборов учета, наличие энергосервисных контрактов (согласно приказу Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 24 октября 2011 г. №591 «О порядке определения объемов снижения потребляемых государственным (муниципальным) учреждением ресурсов в сопоставимых условиях»).

Данные критерии не позволяют комплексно оценить работу персонала по повышению энергоэффективности объекта.

На основании опыта проведения энергетического обследования более 500 организаций различного профиля (образовательные учреждения, учреждения здравоохранения, сферы услуг, объекты административного назначения и прочие непромышленные объекты) во всех регионах РФ, предложены следующие направления, позволяющие комплексно оценить уровень работы персонала по повышению энергоэффективности объекта [1 – 5]. Проранжированный список направлений выглядит следующим образом:

- Эффективность реализации энергосберегающих мероприятий;
- Персонал, управление энергосбережением;
- Наличие (комплектность) документации по энергосбережению;
- Финансирование энергосберегающих мероприятий;
- Эксплуатация энергохозяйства.

Каждому направлению, фиксирующему одну из сторон работ по повышению энергоэффективности, соответствует несколько критериев (индикаторов).

1. Наличие (комплектность) документации по энергосбережению:

- 1.1. Наличие программы энергосбережения на отчетный период;
 - 1.2. Наличие проектно-сметной документации на реализацию мероприятий по энергоэффективности;
 - 1.3. Наличие утвержденного энергетического паспорта.
-



2. Финансирование энергосберегающих мероприятий:

- 2.1. Объем финансирования мероприятий на отчетный период;
- 2.2. Наличие внебюджетного финансирования;
- 2.3. Наличие энергосервисных договоров.

3. Эффективность реализации энергосберегающих мероприятий:

- 3.1. Уровень реализации энергосберегающих мероприятий;
- 3.2. Уровень энергоэффективности мероприятий.

4. Персонал, управление энергосбережением:

- 4.1. Укомплектованность персонала, ответственного за энергохозяйство специалистами, согласно штатного расписания;
- 4.2. Наличие должностных, производственных и т.д. инструкций, направленных на энергосбережение;
- 4.3. Наличие аттестованного персонала по энергоэффективности;
- 4.4. Ежегодное повышение квалификации персонала по энергоэффективности;
- 4.5. Наличие системы мониторинга потребления энергоресурсов;
- 4.6. Учет при закупке энергооборудования наличия маркировки энергоэффективности [6, 7].

5. Эксплуатация энергохозяйства:

- 5.1. Наличие графиков ППР;
 - 5.2. Средний срок службы основного энергопотребляющего оборудования;
 - 5.3. Выполнение в установленные сроки ремонтов и эксплуатационного обслуживания электрооборудования;
 - 5.4. Наличие схем энергоснабжения;
 - 5.5. Соответствие реальным схемам энергоснабжения;
 - 5.6. Наличие приборного учета энергоносителей и воды.
-

На основе опыта энергетических обследований, выполнения НИР [8 – 10], связанных с вопросами повышения энергоэффективности было проведено ранжирование указанных критериев и предложена методика расчета максимальных единичных показателей для каждого критерия. Суть методики заключается в следующем:

1. Формируется перечень показателей, сгруппированных по основным направлениям.

2. Методом экспертных оценок определяется значимость каждого показателя ($1 \dots N_{\text{гр}}$) и значимость каждого направления ($K_{\text{зн}}$). $K_{\text{зн}}$ - значимость направления.

3. Рассчитывается коэффициент значимости показателей ($K_{\text{зн}}$) по формуле (1):

$$K_{\text{зн}} = (N_{\text{нз}} + 1 - N_i) \cdot 100 / N_{\text{нз}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{гр}}$ - количество показателей в группе; N_i - важность (значимость) i -го показателя.

4. Рассчитывается взвешенное значение коэффициента значимости показателя, $K_{\text{зв}}$ по формуле (2):

$$K_{\text{зв}} = K_{\text{зн}} \cdot K_{\text{зн}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{зн}}$ - значимость направления.

5. Рассчитывается максимальная величина единичного показателя энергоэффективности, $K_{\text{еэ.мах}}$ по формуле (3):

$$K_{\text{еэ}} = K_{\text{зв}} / \sum K_{\text{зв}} \cdot 100. \quad (3)$$

Расчет максимальных единичных показателей энергоэффективности для каждого критерия представлен в таблице 1.

Таблица 1

Расчет максимальных единичных показателей энергоэффективности

№ показателя	Показатель уровня энергоэффективности	Важность (значимость) показателя, N_i	Коэффициент значимости показателя, $K_{зп}$	Взвешенное значение коэффициента значимости показателя, $K_{зв}$	Максимальный единичный показатель энергоэффективности, $K_{еэ.max}$
1	Наличие (комплектность) документации по энергосбережению	K=6			
1.1	Наличие программы энергосбережения на отчетный период	2	66,67	400	5,71
1.2	Наличие проектно-сметной документации на реализацию мероприятий по энергоэффективности	3	33,33	200	2,86
1.3	Наличие утвержденного энергетического паспорта	1	100	600	8,57
2	Финансирование энергосберегающих мероприятий	K=4			
2.1	Объем финансирования мероприятий на отчетный период	1	100,00	400,00	5,71
2.2	Наличие внебюджетного финансирования	2	66,67	266,67	3,81



2.3	Наличие энергосервисных договоров	3	33,33	133,33	1,90
3	Эффективность реализации энергосберегающих мероприятий	K=10			
3.1	Уровень реализации энергосберегающих мероприятий	2	50	500	7,14
3.2	Уровень энергоэффективности мероприятий	1	100	1000	14,29
4	Персонал, управление энергосбережением	K=8			
4.1	Укомплектованность персонала, ответственного за энергохозяйство специалистами, согласно штатного расписания	5	33,33	266,67	3,81
4.2	Наличие должностных, производственных и т.д. инструкций, направленных на энергосбережение	6	16,67	133,33	1,90
4.3	Наличие аттестованного персонала по энергоэффективности	4	50	400	5,71
4.4	Ежегодное повышение квалификации персонала по энергоэффективности	3	66,67	533,33	7,62

4.5	Наличие системы мониторинга потребления энергоресурсов	1	100,00	800,00	11,43
4.6.	Учет при закупке энергооборудования наличия маркировки энергоэффективности	2	83,33	666,67	9,52
5	Эксплуатация энергохозяйства	K=2			
5.1	Наличие графиков ППР	4	50,00	100,00	1,43
5.2	Средний срок службы основного энергопотребляющего оборудования	3	66,67	133,33	1,90
5.3	Выполнение в установленные сроки ремонтов и эксплуатационного обслуживания электрооборудования	2	83,33	166,67	2,38
5.4	Наличие схем энергоснабжения	5	33,33	66,67	0,95
5.5	Соответствие реальным схемам энергоснабжения	6	16,67	33,33	0,48
5.6	Наличие приборного учета энергоносителей и воды	1	100,00	200,00	2,86
	ИТОГО			7000,0	100,0

На основании анализа результатов проведенных энергоаудитов, разработана методика расчета весовых коэффициентов α для определения фактических значений каждого критерия энергоэффективности (таблица 2).

Таблица 2

Расчет весовых коэффициентов α для определения фактических значений критериев энергоэффективности

№ показателя	Показатель уровня энергоэффективности	весовой коэффициент α
1	Наличие (комплектность) документации по энергосбережению	
1.1	Наличие программы энергосбережения на отчетный период	$\alpha=1$ - есть программа; $\alpha=0$ - нет программы.
1.2	Наличие проектно-сметной документации на реализацию мероприятий по энергоэффективности	$\alpha=D_{\phi}/D_{пл}$, D_{ϕ} - кол-во мероприятий, по которым есть проектно-сметная документация, шт. $D_{пл}$ - общее количество запланированных мероприятий на отчетный период, шт. Если нет программы энергосбережения (плана мероприятий), принимается $D_{пл}=D_{\phi}$. Если $D_{пл}=0$, принимается $\alpha=0$.
1.3	Наличие утвержденного энергетического паспорта	$\alpha=1$ - есть паспорт; $\alpha=0$ - нет паспорта.
2	Финансирование энергосберегающих мероприятий	
2.1	Объем финансирования мероприятий на отчетный период	$\alpha=\Phi_{\phi}/\Phi_{пл}$, где Φ_{ϕ} - фактический объем финансирования мероприятий, руб. $\Phi_{пл}$ - плановый годовой (требуемый) объем финансирования мероприятий, руб. Если $\Phi_{пл}<\Phi_{\phi}$, принимается $\Phi_{пл}=\Phi_{\phi}$. Если $\Phi_{пл}=0$, принимается $\alpha=0$.

2.2	Наличие внебюджетного финансирования	Для внебюджетных организаций $\alpha=0$. Для бюджетных организаций: $\alpha=0$, если $\Phi_{\text{вб}}=0$; $\alpha=0,5$, если $\Phi_{\text{вб}}/\Phi_{\text{ф}} \leq 0,2$; $\alpha=1$, если $\Phi_{\text{вб}}/\Phi_{\text{ф}} \geq 0,2$. $\Phi_{\text{вб}}$ - объем внебюджетного финансирования, руб.
2.3	Наличие энергосервисных договоров	$\alpha=1$ - есть энергосервисные договора; $\alpha=0$ - нет энергосервисных договоров.
3	Эффективность реализации энергосберегающих мероприятий	
3.1	Уровень реализации энергосберегающих мероприятий	$\alpha=\mathcal{E}_{\text{ф}}/\mathcal{E}_{\text{пл}}$, $\mathcal{E}_{\text{ф}}$ - плановая (расчетная) годовая экономия от фактически реализованных мероприятий (руб.) - в соответствии с энергопаспортом. $\mathcal{E}_{\text{пл}}$ - суммарная годовая экономия от запланированных мероприятий (руб.) - в соответствии с энергопаспортом. Если нет программы энергосбережения (плана мероприятий), принимается $\mathcal{E}_{\text{пл}}=\mathcal{E}_{\text{ф}}$. Если $\mathcal{E}_{\text{пл}}=0$, принимается $\alpha=0$.
3.2	Уровень энергоэффективности мероприятий	$\alpha=W_{\text{пл}}/W_{\text{ф}}$, где $W_{\text{пл}}$ - плановый уровень энергоэффективности (кг у.т./кв.м/год) в соответствии с Приложением N 13 к государственной программе Российской Федерации "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года" (таблица 3) [3]. $W_{\text{ф}}$ - фактический уровень энергоэффективности (кг у.т./кв.м/год). Если $W_{\text{ф}} < W_{\text{пл}}$, принимается $W_{\text{ф}}=W_{\text{пл}}$.
4	Персонал, управление энергосбережением	

4.1	Укомплектованность персонала, ответственного за энергохозяйство специалистами, согласно штатного расписания	$\alpha = \Pi_{\text{ф}} / \Pi_{\text{шт}}$, $\Pi_{\text{ф}}$ - фактическое количество персонала. $\Pi_{\text{шт}}$ - требуемое количество персонала согласно штатного расписания. Если $\Pi_{\text{шт}} < \Pi_{\text{ф}}$, принимается $\Pi_{\text{шт}} = \Pi_{\text{ф}}$. Если $\Pi_{\text{шт}} = 0$, принимается $\alpha = 0$.
4.2	Наличие должностных, производственных и т.д. инструкций, направленных на энергосбережение	$\alpha = 1$ - есть инструкции; $\alpha = 0$ - нет инструкций.
4.3	Наличие аттестованного персонала по энергоэффективности	$\alpha = 1$ - имеется аттестованный персонал; $\alpha = 0$ - не имеется аттестованный персонал.
4.4	Ежегодное повышение квалификации персонала по энергоэффективности	$\alpha = 1$ - проводится; $\alpha = 0$ - не проводится.
4.5	Наличие системы мониторинга потребления энергоресурсов	$\alpha = 1$ - автоматизированная система мониторинга; $\alpha = 0,5$ - неавтоматизированная система мониторинга; $\alpha = 0$ - система мониторинга отсутствует.
4.6.	Учет при закупке энергооборудования наличия маркировки энергоэффективности	$\alpha = 1$ - учет выполняется в полном объеме закупки; $\alpha = 0,5$ - выполняется не в полном объеме закупки; $\alpha = 0$ - не выполняется.
5	Эксплуатация энергохозяйства	
5.1	Наличие графиков ППР	$\alpha = 1$ - есть график ППР; $\alpha = 0$ - нет графика ППР.
5.2	Средний срок службы основного энергопотребляющего оборудования	$\alpha = 1$ - менее 10 лет; $\alpha = 0,5$ - от 10 до 20 лет; $\alpha = 0$ - более 20 лет.

5.3	Выполнение установленных сроков и ремонт эксплуатационного обслуживания электрооборудования	в	$\alpha=1$ - выполняется в полном объеме; $\alpha=0,5$ - выполняется не в полном объеме; $\alpha=0$ - не выполняется. Ремонт оборудования производится только по мере выхода из строя.
5.4	Наличие схем энергоснабжения	схем	$\alpha=1$ - полный комплект; $\alpha=0,5$ - неполный комплект; $\alpha=0$ - отсутствуют.
5.5	Соответствие реальным схемам энергоснабжения	реальным схемам	$\alpha=1$ - полное соответствие; $\alpha=0,5$ - неполное соответствие; $\alpha=0$ - полное несоответствие (схемы полностью устарели либо отсутствуют).
5.6	Наличие учета приборного учета энергоносителей и воды	приборного учета энергоносителей и воды	$\alpha=1$ - полный учет всех энергоносителей и воды; $\alpha=0$ - неполный учет.

Таблица 3

Плановый уровень энергоэффективности $W_{пл}$ для различных непромышленных объектов

Индикатор	Единица измерения	Показатель								
		2000 год	2007 год	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год	2015 год	2020 год
Удельный расход энергии в зданиях бюджетных учреждений и сферы услуг	кг у.т./кв. м/год	69	72	62	58	56	53	51	49	37
Удельный расход энергии в учреждениях бюджетн	кг у.т./кв. м/год	75	76	67	63	61	60	58	56	46

ой сферы										
Удельны й расход энергии в учрежден иях образова ния	кг у.т./ кв. м/год	70	74	64	60	58	56	54	53	43
Удельны й расход энергии в учрежден иях здравоох ранения	кг у.т./ кв. м/год	87	84	77	73	71	69	67	65	54
Удельны й расход энергии в торговле и общепите	кг у.т./ кв. м/год	60	64,5	53	50	47	45	42	40	30

Расчет фактической величины i -го единичного показателя энергоэффективности для конкретного объекта проводится по формуле (4):

$$K_{e,i} = K_{e,\max,i} \cdot \alpha_i. \quad (4)$$

Для итоговой комплексной оценки энергоэффективности объекта предложен интегральный показатель энергоэффективности, рассчитываемый по формуле (5):

$$K_u = \sum_{i=1}^n K_{e,i} \cdot \alpha_i. \quad (5)$$

В таблице 4 представлен пример определения фактических показателей энергоэффективности объекта.

Таблица 4

Пример определения фактических показателей энергоэффективности объекта

№ показателя	Показатель уровня энергоэффективности	Максимальный показатель энергоэффективности, $K_{eэ,max}$	весовой коэффициент α	Фактический показатель энергоэффективности, $K_{eэ}$
1	Наличие (комплектность) документации по энергосбережению			
1.1	Наличие программы энергосбережения на отчетный период	5,71	1	5,71
1.2	Наличие проектно-сметной документации на реализацию мероприятий по энергоэффективности	2,86	0,3	0,86
1.3	Наличие утвержденного энергетического паспорта	8,57	1	8,57
2	Финансирование энергосберегающих мероприятий			
2.1	Объем финансирования мероприятий на отчетный период	5,71	0,4	2,29
2.2	Наличие внебюджетного финансирования	3,81	0,5	1,90
2.3	Наличие энергосервисных договоров	1,90	0	0
3	Эффективность реализации энергосберегающих мероприятий			
3.1	Уровень реализации энергосберегающих мероприятий	7,14	0,6	4,29



3.2	Уровень энергоэффективности мероприятий	14,29	0,7	10,0
4	Персонал, управление энергосбережением			
4.1	Укомплектованность персонала, ответственного за энергохозяйство специалистами, согласно штатного расписания	3,81	0,9	3,43
4.2	Наличие должностных, производственных и т.д. инструкций, направленных на энергосбережение	1,90	1	1,90
4.3	Наличие аттестованного персонала по энергоэффективности	5,71	1	5,71
4.4	Ежегодное повышение квалификации персонала по энергоэффективности	7,62	0	0
4.5	Наличие системы мониторинга потребления энергоресурсов	11,43	0	0
4.6	Учет при закупке энергооборудования наличия маркировки энергоэффективности	9,52	0,5	4,76
5	Эксплуатация энергохозяйства			
5.1	Наличие графиков ППР	1,43	1	1,43
5.2	Средний срок службы основного энергопотребляющего оборудования	1,90	0,5	0,95
5.3	Выполнение в установленные сроки ремонтов и эксплуатационного	2,38	0,5	1,19

	обслуживания электрооборудования			
5.4	Наличие схем энергоснабжения	0,95	0,5	0,48
5.5	Соответствие реальным схемам энергоснабжения	0,48	0,5	0,24
5.6	Наличие приборного учета энергоносителей и воды	2,86	1	2,86
	ИТОГО	100,0		56,57

Фактический уровень энергоэффективности объекта определяется в зависимости от значения интегрального показателя энергоэффективности в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5

Уровень энергоэффективности объекта

Уровень энергоэффективности объекта	Интегральный показатель энергоэффективности.	Рекомендации
Высокий	Более 70	Экономическое стимулирование
Нормальный	от 30 до 70	В течение 1 - 2 лет разработать и реализовать энергосберегающие мероприятия
Низкий	менее 30	В течение текущего года начать разработку и реализацию энергосберегающих мероприятий

Возможные направления реализации предлагаемой методики:

1. Предлагаемый подход позволяет объективно ранжировать различные объекты по уровню их энергоэффективности, что позволяет более эффективно формировать централизованные целевые инвестиционные программы по повышению энергоэффективности.

2. Данную методику можно использовать для мониторинга энергоэффективности объектов и оценки качества, проводимых на них работ по повышению энергоэффективности.

3. Анализ показателей по отдельным направлениям позволяет выявлять наиболее «слабые» места по повышению энергоэффективности.

Литература

1. Михайлов С., Вакулко А., Гашо Е., Манчха С. Методические материалы по проведению энергетических обследований // Энергосбережение в Поволжье. 2001. №4. С. 83-85.

2. Евиланов А.И., Кулик В.М., Злобинский В.Я. Энергосбережение в бюджетной сфере. Справочное пособие. Екатеринбург: 1999. 126 с.

3. Варнавский Б.П., Колесников А.И., Федоров М.Н. Энергоаудит промышленных и коммунальных предприятий. М.: Ассоциация энергоменеджеров, 1999. 217 с.

4. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов / В семи разделах. Под общей редакцией д.т.н. О.Л. Данилова, П.А. Костюченко, 2006 г. – 668 с.

5. ANSI/IEEE Standardt 446-1987. IEEE Recommended Practicle for Emergeney and Stend by Power for Industrial and Commercial Applications - New York, IEEE, 1987. 272 p.

6. Кузьминов А.С. Стандарты и маркировка энергоэффективности как инструмент нормативного регулирования повышения энергоэкономичности бытового оборудования // Инженерный вестник Дона, 2011, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/567.

7. Туликов А.В., Кузьминов А.С. Обеспечение энергетической эффективности при размещении заказов для нужд города Москвы на основе стандартов и маркировки энергетической эффективности// Инженерный вестник Дона, 2012, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/900.



8. Energy 2000 - follow up - responsible and forward - looking energy policy. Danish Ministry of Energy, 1993. 7 p.
9. Energy in Denmark. Status Report on Energy Planning/ Danish Ministry of Energy, 1988. 48 p.
10. Model Energy Auditing. Report Danish Power Consult, 1995. 36 p.

References

1. Mikhaylov S., Vakulko A., Gasho E., Manchkha S. Energoberezhnie v Povolzh'e. 2001. №4. pp. 83-85.
 2. Evilanov A.I., Kulik V.M., Zlobinskiy V.Ya. Energoberezhnie v byudzhethnoy sfere [Energy efficiency in the public sector]. Spravochnoe posobie. Ekaterinburg: 1999. 126 p.
 3. Varnavskiy B.P., Kolesnikov A.I., Fedorov M.N. Energoaudit promyshlennykh i kommunal'nykh predpriyatiy [Energy audit of industrial and municipal enterprises]. M.: Assotsiatsiya energomenedzherov, 1999. 217 p.
 4. Prakticheskoe posobie po vyboru i razrabotke energosberegayushchikh proektov / V semi razdelakh [A practical guide to the selection and development of energy saving projects / In seven sections.]. Pod obshchey redaktsiey d.t.n. O.L. Danilova, P.A. Kostyuchenko, 2006 g. – 668 p.
 5. ANSI/IEEE Standardt 446-1987. IEEE Recommended Practicle for Emergeney and Stend by Power for Industrial and Commercial Applications - New York, IEEE, 1987. 272 p.
 6. Kuz'minov A.S. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2011, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/567.
 7. Tulikov A.V., Kuz'minov A.S. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/900.
 8. Energy 2000 - follow up - responsible and forward - looking energy policy. Danish Ministry of Energy, 1993. 7 p.
 9. Energy in Denmark. Status Report on Energy Planning/ Danish Ministry
-



of Energy, 1988. 48 p.

10. Model Energy Auditing. Report Danish Power Consult, 1995. 36 p.