

## ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

### Оценка энергоэффективности образовательных организаций в рамках функционально-территориальных образований\*

Федорова С. В., канд. техн. наук

ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина”, Екатеринбург

Предложена оценка энергоэффективности образовательных организаций (ОО) на основе методики определения интегрального рейтинга энергоэффективности в рамках функционально-территориальных образований, который рассчитывается применительно к группам ОО по видам деятельности и их принадлежности к зонам активности в результате проведения рангового и структурно-топологического анализа.

**Ключевые слова:** анализ энергопотребления, интегральный рейтинг энергоэффективности, S-распределения, ранговый и структурно-топологический анализ, зоны активности образовательных организаций.

Данные об энергопотреблении бюджетных организаций Свердловской области за период 2002 – 2011 гг., а также анализ энергопотребления образовательных организаций, выполненный по запросу Министерства общего и профессионального образования Свердловской области за период 2007 – 2011 гг., обусловили необходимость построения и внедрения системы управления энергоэффективностью с целью реализации программ повышения энергоэффективности и энергосбережения до 2015 и 2020 гг. как на уровне региона, так и на других уровнях — от муниципального до отдельной образовательной организации.

Количество ОО в структуре бюджетных организаций Свердловской области превышает 60 %. Кроме того, численность персонала образовательных учреждений составляет 169 тыс. чел., или 41,5 % численности всех работников бюджетной сферы области. Численность детей, учащихся и студентов в ОО — 865,2 тыс. чел. Таким образом, в ОО потребителями энергоресурсов являются более 1 млн чел., или 1/4 населения области [1]. Поэтому потребление энергоресурсов в бюджетных организациях области в большей мере зависит от потребления энергоресурсов в системе образования.

По результатам исследования определены тенденции потребления энергоресурсов в динамике за 5 лет по отдельным ОО, муниципальным образованиям (МО) и в целом по Сверд-

ловской области. Установлено, что, начиная с 2010 г., происходит стабильное уменьшение объемов потребления всех видов энергоресурсов. Так, за 2 года (2010 – 2011 гг.) снижение потребления тепловой энергии составило 14,6 % к уровню 2009 г., электроэнергии — 9,1 %, воды — 17,1 %. В 59 МО (84 % общего их числа) за эти 2 года отмечается снижение потребления тепловой энергии (более чем на 6 %), в 53 МО — электроэнергии, в 55 МО — воды. Однако уменьшение потребления энергоресурсов происходит в основном за счет административно-организационных мероприятий как наиболее быстрых для реализации, не требующих значительных финансовых средств, иногда проводимых за счет снижения уровня комфортности и часто не связанных с качеством предоставляемых образовательных услуг.

Решению вопросов эффективного электропотребления, энергосбережения и повышения энергоэффективности, в том числе в бюджетной сфере, посвящены научные труды многих ученых. Анализ существующих методов оценки энергоэффективности, а также определения рейтинга энергоэффективности позволил сделать следующие выводы [1 – 4]:

1. Для оценки критерия энергоэффективности рассматриваются только количественные показатели, при этом не учитываются особенности деятельности ОО.

2. В существующих подходах отсутствует иерархический (регион, муниципалитет, образовательная организация) структурно-топологический анализ ОО, что не позволяет сфор-

\* Статья подготовлена в рамках выполнения Государственного контракта № 16.552.11.7058 от 12.07.2012 г. (Заказчик — Министерство образования и науки РФ).

мировать эффективную систему управления энергоэффективностью в регионе.

3. Предлагаемые методики расчета целевых показателей для определения рейтинга энергоэффективности базируются на имеющейся статистической информации, которая для ОО не является достаточной.

4. Данные методики оценки энергоэффективности ОО носят частный характер.

5. В существующих подходах не учитываются показатели активности организаций по реализации энергосберегающих мероприятий, а также техническое состояние помещений, энергетических сетей, степень комфортности в помещениях, уровень управления процессами энергопотребления, наличие и состав объектов инфраструктуры в организации и др.

6. Предлагаемые методики оценки энергоэффективности ОО не мотивируют выполнение целей и задач, указанных в ФЗ № 261.

Таким образом, целесообразна разработка методологии определения рейтинга энергоэффективности с многофакторной оценкой конечных результатов деятельности ОО, учитывающей воздействия внешних факторов, структурно-топологическую динамику в рамках функционально-территориальных образований (ФТО), а также двойственную природу эволюции, свойственную организации, согласно которой она выступает одновременно и как техноценоз, и как особь экономического ценоза [5 – 7].

Оценка ОО в виде рейтинга по критерию энергоэффективности необходима для разработки и принятия решений (политики) по энергосбережению муниципальных властей в сфере образования. При внедрении системы энергоменеджмента (согласно международному стандарту ISO 50001) методология определения рейтинга встраивается в систему мониторинга ОО. Основные принципы формирования показателей рейтинга энергоэффективности ОО:

показатели для сравнительной оценки критерия энергоэффективности ОО формируются с учетом требований нормативно-правовых документов по энергосбережению и энергоэффективности федерального, регионального и местного уровней;

для определения показателей рейтинга и их весовых коэффициентов применяется метод экспертных оценок.

Источником информации для рейтинга являются сведения, предоставленные образовательными организациями в Министерство образования региона или в управление образования муниципалитета. В результате иссле-

дования сформированы два блока наиболее важных показателей для оценки энергоэффективности ОО (см. таблицу): первый блок отражает экономическую (количественную), второй — социальную (качественную) сторону энергоэффективности ОО.

Состав устойчивых групп ОО для определения рейтинга формируется на основе построения S-распределений и выделения зон активности согласно методологии структурно-топологического анализа [7]. Анализ рейтинга энергоэффективности ОО осуществляется за отчетный год в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 1. Образовательные организации могут перемещаться в другие группы в следующем году, поэтому принадлежность их к группе необходимо определять каждый год вновь.

Для определения рейтинга энергоэффективности ОО по видам деятельности в рамках ФТО (муниципальное образование, город и др.) с целью формирования мониторинга на региональном уровне предложены следующие показатели: динамика потребления тепловой энергии, электроэнергии и холодной воды относительно 2009 г. (в процентах); объем финансовых средств на реализацию мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности в расчете на  $1 \text{ м}^2$  общей площади ОО в отчетном году, тыс. руб/ $\text{м}^2$ .

Удельные показатели энергопотребления на уровне ФТО не являются информативными, так как они связаны с особенностями отдельных ОО. Показатели социальной энергоэффективности ОО на уровне ФТО определяются на основе данных по отдельным организациям путем вычисления доли ОО, выраженной в процентах от общего количества.

Таким образом, можно вычислить рейтинг интегральной энергоэффективности муниципалитета по видам ОО (школы, детские сады и др.). Далее можно найти зональный и региональный рейтинги энергоэффективности. В результате получаем четырехуровневую иерархическую структуру определения рейтинга энергоэффективности в системе образования.

Методика анализа рейтинга энергоэффективности положена в разработку программной платформы E<sup>2</sup>Rating, основанной на базе SaaS-системы (Software as a service). Доступ к программному обеспечению E<sup>2</sup>Rating предоставляется удаленно по сетевым каналам через веб-интерфейс. Программное обеспечение развертывается в центре обработки данных в

Наименование	Единица измерения	Обозначение
Удельный расход тепловой энергии на 1 м <sup>2</sup>	Гкал/м <sup>2</sup>	П <sub>1</sub>
Удельный расход электроэнергии на 1 м <sup>2</sup>	кВт · ч/м <sup>2</sup>	П <sub>2</sub>
Удельный расход холодной воды на 1 чел.	м <sup>3</sup> /чел.	П <sub>3</sub>
Динамика удельного потребления тепловой энергии относительно 2009 г.	%	П <sub>4</sub>
Динамика удельного потребления электроэнергии относительно 2009 г.	%	П <sub>5</sub>
Динамика удельного потребления холодной воды относительно 2009 г.	%	П <sub>6</sub>
Объем вложенных финансовых средств на реализацию мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности (в расчете на 1 м <sup>2</sup> общей площади в отчетном году)	тыс. руб/м <sup>2</sup>	П <sub>7</sub>
Отсутствие отклонений (нарушений) от допустимых параметров микроклимата помещений: температуры воздуха, уровня влажности, скорости перемещения воздуха, уровня шума и других в течение отчетного периода	Да/Нет	П <sub>8</sub>
Наличие утвержденной программы мероприятий и других документов по энергосбережению и повышению энергоэффективности с учетом требований законодательства	То же	П <sub>9</sub>
Наличие назначенного ответственного лица за реализацию программ (мероприятий) в области энергосбережения и повышения энергоэффективности	—”—	П <sub>10</sub>
Уровень автоматизации управления процессами энергопотребления (наличие в ОО автоматизированной системы управления энергопотреблением АСУЭ)	—”—	П <sub>11</sub>
Наличие системы мониторинга и анализа энергопотребления в ОО	—”—	П <sub>12</sub>
Наличие объектов инфраструктуры в ОО, не характерных для большинства других ОО (производственных мастерских, школ-интернатов, бассейнов, душевых кабин, теплиц, отапливаемого гаража и др.)	—”—	П <sub>13</sub>
Наличие в ОО всех видов коммунальных услуг: централизованное отопление, холодное и горячее водоснабжение, водоотведение	—”—	П <sub>14</sub>
Полная оснащенность приборами учета потребления ТЭР	—”—	П <sub>15</sub>
Превышение (или недостаток) площади помещений в расчете на 1 учащегося более (или менее) чем на 50 % от среднего уровня по аналогичным ОО данного МО	Превышение/Недостаток	П <sub>16</sub>
Техническое состояние помещений, энергетических сетей ОО (год постройки здания или проведения его капремонта после 2003 г.)	Год	П <sub>17</sub>
Отсутствие кредиторской задолженности за ТЭР	Да/Нет	П <sub>18</sub>
Наличие заключенных энергосервисных контрактов	—”—	П <sub>19</sub>
Проведение энергоаудита в ОО	—”—	П <sub>20</sub>
Наличие оборудования с повышенным классом энергоэффективности (более 50 %)	—”—	П <sub>21</sub>
Наличие положения о материальном и моральном стимулировании работников за снижение потребления ТЭР	—”—	П <sub>22</sub>
Обучение ответственных за энергосбережение, руководителей ОО	—”—	П <sub>23</sub>
Проведение конкурсов, специальных занятий по данной тематике среди учащихся	—”—	П <sub>24</sub>
Наличие в ОО наглядной агитации по энергосбережению (информационных материалов, стендов и т. п.)	—”—	П <sub>25</sub>
Применение в ОО возобновляемых (альтернативных) источников энергии (ВИЭ)	—”—	П <sub>26</sub>

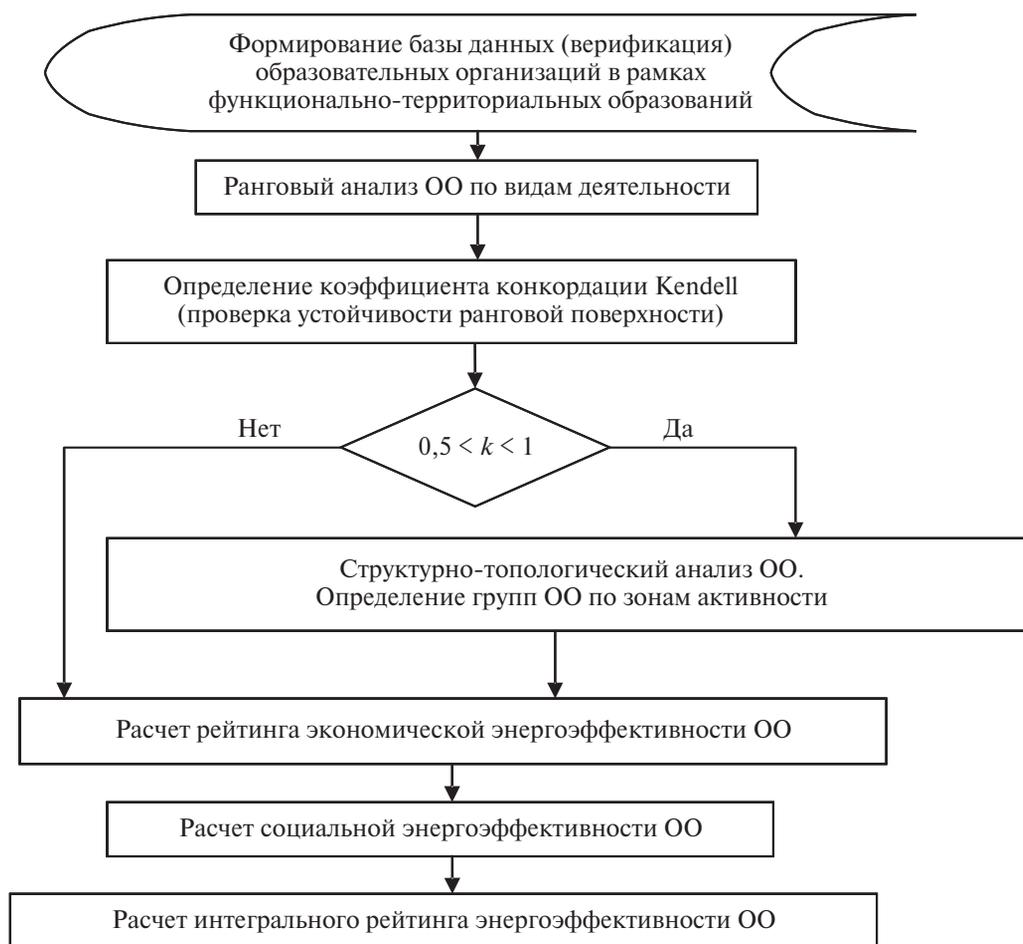


Рис. 1. Алгоритм определения рейтинга энергоэффективности ОО в рамках функционально-территориальных образований

виде единого программного ядра, с которым работают все ОО.

Платформа E<sup>2</sup>Rating ([www.e2rating.ru](http://www.e2rating.ru)) является уникальным программным продуктом, который позволяет реализовать методику оценки энергетической эффективности ОО. Такая форма организации сбора данных дает возможность самим пользователям проверять корректность введенной информации, и в этом случае отсутствует необходимость в их централизованном сборе. Система может

быть расширена до онлайн-системы контроля и анализа энергопотребления ОО путем подключения узлов учета энергоресурсов ОО к проекту E<sup>2</sup>Rating.

Приведем некоторые результаты исследования по использованию предложенной методологии определения рейтинга энергоэффективности применительно к выборке, включающей 2981 ОО из 71 МО Свердловской области, в том числе 1070 школ, 1367 детских садов, 282 учреждения дополнитель-

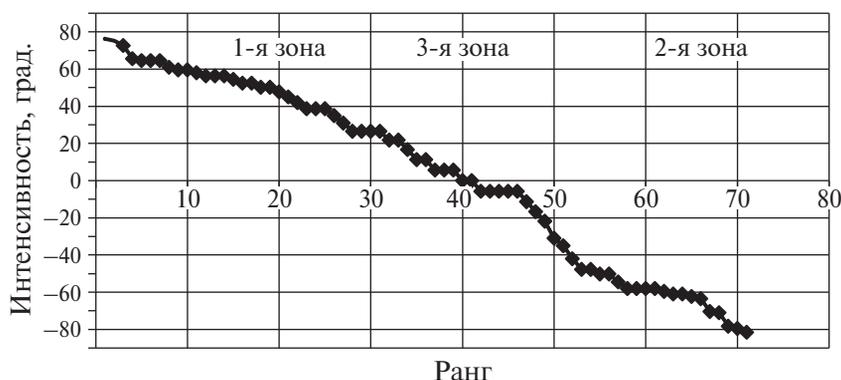


Рис. 2. S-распределение ОО МО Свердловской области по интенсивности электропотребления за 5 лет (2007 – 2012 гг.)

ного образования, 95 детских домов, 110 учреждений НПО, СПО, 27 баз и лагерей отдыха.

Предрейтинговый (ранговый и структурно-топологический) анализ ценологических свойств ОО в ценوزه-регионе осуществлен на уровне представления особи: особь-организация — муниципальное образование.

Высокий коэффициент конкордации Kendell ( $k = 0,83$ ), а также большие значения характеристического показателя ( $0,5 \leq \beta \leq 1,5$ ) доказывают хорошую устойчивость поверхности N-распределений и взаимосвязь тенденций развития ОО МО региона, что обусловлено природными, территориальными, административными, техническими и социальными факторами.

Построение по интенсивности электропотребления S-распределений образовательных организаций, принадлежащих муниципальным образованиям области, позволило выделить группы МО по зонам активности. Для определения интенсивности электропотребления каждого МО ОО построены траектории перескоков объектов по рангам в соответствии со значениями годового электропотребления в рамках исследуемого периода времени,

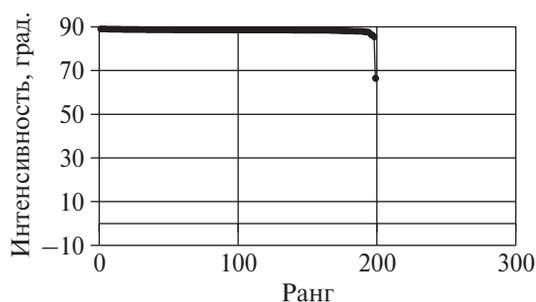


Рис. 3. S-распределение учреждений дополнительного образования Свердловской области

для описания которых применены линейные тренды. Углы наклона линейных трендов (положительные, отрицательные, равные нулю) представляют собой показатели интенсивности электропотребления или конкурентные скорости объектов, позволяющие осуществлять оценку конкурентноспособности МО ОО (рис. 2) [7]. К первой зоне относятся МО ОО с положительными скоростями, ко второй — с отрицательными, к третьей — с малыми и нулевыми.

Анализ реальной ситуации в регионе показал, что в третью зону входят ОО МО, устойчиво развивающиеся городские округа



Рис. 4. Апробация методики определения рейтинга энергоэффективности ОО на примере школ Полевского городского округа

(Нижний Тагил, Первоуральск, Полевской и др.). Если происходит увеличение электропотребления, то это, как правило, связано с вводом новых мощностей, а значит, способствует развитию. Высокие как положительные, так и отрицательные скорости свидетельствуют об отсутствии конкурентности между ОО МО. Действительно, тенденция перевода ОО из бюджетных в автономные в Свердловской области только набирает темпы. В течение 2013 г. был осуществлен переход 247 ОО, в том числе 209 муниципального и 38 областного подчинения.

Отрицательная интенсивность (вторая зона) связана с закрытием ряда ОО в исследуемый период, а также некорректностью представленных данных, а следовательно, с отсутствием системы управления энергохозяйством. Кроме того, снижение потребления электроэнергии объясняется проведением административно-организационных мероприятий в ОО по экономии энергоресурсов, причем иногда в ущерб показателям комфортности, а значит, качеству образовательного процесса. К первой зоне относятся ОО МО, в которых нерационально расходуют энергоресурсы, в том числе из-за отсутствия необходимых ремонтов.

Определение муниципальных и зональных рейтингов энергоэффективности по видам деятельности ОО позволит областному правительству эффективно распределять финансирование с целью реализации энергосбережения в сфере образования. Наибольший и быстрый эффект от инвестирования ожидается от ОО МО устойчивой зоны. Поэтому с точки зрения динамики рейтинга муниципалитеты должны стремиться к третьей зоне.

Построение S-распределений относительно особей-организаций показало, что по некоторым видам ОО (учреждения дополнительного образования) отсутствуют ценологические свойства, а значит, нет необходимости в зональном разделении (рис. 3).

Для верификации предложенную методику применили к одному из муниципалитетов (Полевской городской округ, 17 школ), входящих в зону устойчивости, чтобы определить рейтинг энергоэффективности школ (рис. 4). Лидирующее положение в рейтинге заняли школы, где наблюдается сочетание оптимального снижения потребления ТЭР с наилучшими социальными достижениями, в частности, по комфортности и качеству пре-

доставления образовательных услуг (школы № 21, № 4, № 13).

### Выводы

1. Представленные результаты исследования можно рассматривать в качестве первого опыта разработки системы мониторинга энергоэффективности ОО в рамках территориально-функциональных образований.

2. Число групп ОО по видам деятельности в соответствии с принадлежностью к зонам активности может изменяться в зависимости от степени проявления ценологических свойств.

3. Оценка энергоэффективности, основанная на методике определения интегрального рейтинга энергоэффективности ОО и прошедшая проверку применительно к ОО ФТО, позволяет выявить лидеров, сочетающих оптимальное снижение потребления ТЭР с наилучшими достижениями социальных показателей, в частности, комфортности и качества предоставления образовательных услуг.

### Список литературы

1. Свердловская область в 2006 – 2010 годах: Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Свердловской области. — Екатеринбург, 2011.
2. Вагин Г. Я., Дудникова Л. В. Исследование эффективности использования энергоносителей в образовательных учреждениях. — Энергобезопасность и энергосбережение, 2010, № 6.
3. Определение рейтинга энергоэффективности муниципальных образований Свердловской области за 2010 год / Н. И. Данилов, В. А. Бегалов, Ю. К. Столбов, С. Р. Бикбулатов. — Екатеринбург: ГБУ СО Институт энергосбережения, 2011.
4. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / Под общей ред. С. И. Гамазина, Б. И. Кудрина, С. А. Цырука. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
5. Кудрин Б. И. Стратегия электроэнергетики и стратегия электрики России до конца XXI века. — Вести в электроэнергетике, 2012, № 3.
6. Гнатюк В. И. Закон оптимального построения техноценозов. — М.: Изд-во ТГУ — Центр системных исследований, 2005, 2011.
7. Фуфаев В. В. Структурно-топологическая самоорганизация S-распределений электропотребления техноценозов на примерах организаций региона, предприятий отрасли и регионов России. Междисциплинарность ценологических исследований. Вып. 43. Ценологические исследования. — М.: Технетика, 2010.

emk\_svet@mail.ru