

УДК 004.6

Подход к организации бенчмаркинга энергопотребления в бюджетной сфере региона

И.Д. Ратманова, О.М. Гурфова
ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
г. Иваново, Российская Федерация
E-mail: idr@ispu.ru

Авторское резюме

Состояние вопроса: В настоящее время законодательно регламентирован мониторинг энергопотребления. Функционирует Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (ГИС «Энергоэффективность»). В соответствии с приказом Минэнерго России № 401 от 30 июня 2014 г., в рамках ГИС собираются энергетические декларации организаций. Вместе с тем на региональном уровне отсутствует инструмент для ретроспективного анализа накопленной информации в целях поддержки принятия обоснованных решений, направленных на повышение эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и воды. Кроме того, отсутствует методика оценки уровня энергопотребления, учитывающая неоднородность сложной многоуровневой структуры энергопотребления, а также неоднозначность оценочных критериев. Подобная методика может быть реализована с использованием технологии бенчмаркинга, ориентированного на непрерывное повышение эффективности бизнес-процессов.

Материалы и методы: Используются ретроспективные данные показателей энергопотребления организаций бюджетной сферы ряда регионов Российской Федерации. Средние нормативы потребления для кластеров бюджетных потребителей определены посредством методов кластеризации. С применением нечеткой логики разработана методика оценки уровня энергопотребления, корректность которой подтверждена одним из методов анализа свертки данных – методом Data Envelopment Analysis.

Результаты: Предложен подход к организации бенчмаркинга энергопотребления в бюджетной сфере, включающий: мониторинг целевых показателей энергетической эффективности организаций; аналитическую обработку ретроспективной информации с определением средних нормативов потребления ТЭР и воды для выделенных кластеров потребителей; многокритериальную оценку уровня энергопотребления организациями бюджетной сферы с ранжированием и сравнительным анализом однотипных организаций.

Выводы: Установлено, что предложенный подход к оценке и сопоставлению организаций бюджетной сферы по эффективности потребления ТЭР и воды может быть использован в региональной практике энергосбережения. Исследование объективности оценки посредством применения метода DEA подтверждает возможность применения предложенных критериев.

Ключевые слова: потребление топливно-энергетических ресурсов, бюджетная сфера, корпоративная информационно-аналитическая система, мониторинг и оценка уровня энергопотребления, бенчмаркинг энергопотребления, оценка с использованием нечетких множеств, средние нормативы энергопотребления, кластеры потребителей, целевые показатели энергоэффективности, метод анализа среды функционирования.

Power consumption benchmarking in the public sector of regional economy

I.D. Ratmanova, O.M. Gurfova
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russian Federation
E-mail: idr@ispu.ru

Abstract

Background: Power consumption monitoring is now subject to legislative regulation. Power saving and power efficiency improvement are controlled by the state informational system (SIS) «Energoeffektivnost». According to order No. 401 of June 30, 2014 of the RF Ministry of Energy, the SIS collects power consumption statements from organizations. However, there are not enough tools on a regional level for studying the accumulated data retrospectively in order to make well-grounded decisions aimed at energy resources and water consumption efficiency growth. Besides, there is no appropriate assessment method that could account for heterogeneity, complexity and multilevel organization of power consumption structure, as well as the ambiguity of the assessment criteria. Such method can be based on benchmarking aimed at persistent growth of business-process efficiency.

Materials and methods: The material we use is retrospective power consumption data of public sector organizations from a number of RF regions. The average normatives for state-financed energy consumer clusters are calculated by clustering. A power consumption assessment method has been developed based on fuzzy logic. The method consistency has been verified by Data Envelopment Analysis (DEA) method based on linear programming.

Results: The article suggests an approach to power consumption benchmarking in the public sector of regional economy which includes the following issues: enterprise energy-efficiency targets monitoring; complex analytical processing of retrospective data including calculation of energy resources and water consumption average normatives for specified clusters of power consumers; multicriterial assessment of state-financed organizations' power consumption with ranking and comparing organizations of a similar type.

Conclusions: The article confirms that the proposed approach to ranking and assessment of state-financed enterprises by power consumption efficiency can be used in regional energy-saving practice. Assessment credibility verification by the DEA method proves the proposed power-consumption evaluation criteria to be reasonable.

Key words: energy resources consumption, public sector, corporate information analysis system, power consumption monitoring and assessment, power consumption benchmarking, assessment based on fuzzy sets, power consumption average norms, clusters of power consumers, energy efficiency targets, data envelopment analysis.

DOI: 10.17588/2072-2672.2016.4.030-038

Энергоэффективность и энергосбережение входят в перечень приоритетных направлений модернизации и технологического развития экономики России. При этом экономия энергоресурсов в бюджетных организациях имеет большое государственное значение, поскольку средства, сэкономленные на потреблении топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и воды, могут быть непосредственно использованы при решении социальных проблем. Бюджетные организации включают в себя учреждения здравоохранения и образования, учреждения, входящие в систему Министерства обороны и МВД, органы социального обеспечения, административно-производственные учреждения, пожарные части, МЧС, «Почту России», внебюджетные фонды (Пенсионный фонд, Фонд социального страхования, Фонд обязательного медицинского страхования) и др., финансирование которых производится за счет бюджетов различных уровней [1].

В соответствии с Федеральным законом от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении эффективности...», к полномочиям органов государственной власти субъектов Российской Федерации, в частности, относится координация мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и контроль за их проведением бюджетными учреждениями, государственными унитарными предприятиями соответствующего субъекта Российской Федерации. В качестве одного из подходов к управлению энергосбережением представляется целесообразным внедрение бенчмаркинга энергопотребления.

Бенчмаркинг (от англ. Benchmarking) – это сопоставительный анализ на основе эталонных показателей. Он в равной степени включает в себя два процесса: оценивание и сопоставление. Предполагается сравнение с другими организациями и извлечение полезного опыта, присутствующего в практике каждой из этих организаций.

Следует заметить, что «эталонные» значения могут существенно различаться в зависимости от экономической, климатической и прочей специфики региона. Поэтому представляется целесообразным исследовать региональный опыт энергопотребления. Ретроспективный анализ накопленных данных в рамках региональной информационно-аналитической системы позволяет выполнить типизацию бюджетных потребителей на основе кластерного анализа показателей энергопотребления. В пределах кластера критерии

эффективности энергопотребления приблизительно схожи, в результате чего становится возможным выделение норматива по кластеру, т.е. усредненного значения энергопотребления. При этом аномальные значения исключаются из рассмотрения во избежание неоправданного завышения норматива. Установленные средние нормативы потребления дают возможность выполнения оценки уровня энергопотребления бюджетных организаций, сравнения между собой однотипных по виду деятельности организаций, расчета обоснованных лимитов энергопотребления. Таким образом, процесс бенчмаркинга энергопотребления включает следующие основные этапы:

1. Организация регионального мониторинга энергопотребления в бюджетной сфере с определением средних нормативов показателей энергетической эффективности для соответствующих кластеров потребителей.

2. Оценка уровня энергопотребления бюджетных организаций, а также соответствующих организационных структур, включая муниципальные районы, городские округа, департаменты, министерства и т.п.

3. Ретроспективный сравнительный анализ показателей энергоэффективности организаций в целях выявления лидеров и аутсайдеров с подготовкой ежегодных аналитических отчетов. Определение проблемных зон для принятия обоснованных программных решений в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Рассмотрим подробнее содержательную часть каждого из этапов.

Организация регионального мониторинга энергопотребления в бюджетной сфере региона. В рамках разработанной в ИГЭУ региональной информационно-аналитической системы ведения топливно-энергетических балансов (ИАС ТЭБ) отработана технология мониторинга энергопотребления в бюджетной сфере (включая государственный и муниципальный сектор) на основе паспортизации субъектов и принадлежащих им объектов (зданий и сооружений). Система успешно функционирует в ряде регионов России. На основе информации, накопленной в региональном хранилище данных ИАС ТЭБ, выполняется исследование типологии энергопотребления с формированием кластеров потребителей энергоресурсов. При этом в государственном и муниципальном секторах выделены следующие кластеры:

- органы управления (офисы);
- школы;

- дошкольные образовательные учреждения;
- учебные заведения (ПТУ, колледжи);
- учебные заведения с общежитиями;
- центры детского творчества;
- интернаты учебные;
- интернаты социальные (психоневрологические, дома-интернаты для престарелых);
- социально-реабилитационные центры;
- стационары;
- поликлиники;
- культурно-просветительские учреждения;
- спортивные сооружения;
- пожарные депо;
- службы благоустройства;
- базы отдыха;
- дорожные службы;
- автотранспортные предприятия.

В качестве целевых показателей энергетической эффективности бюджетных учреждений были использованы удельные расходы тепловой и электрической энергии, а также удельное водопотребление и водоотведение. При определении удельных показателей общая численность потребителей включает численность сотрудников и численность прочих потребителей с учетом времени их пребывания в помещении.

Для каждой группы организаций с использованием методов кластерного анализа определены средние нормативы потребления энергетических ресурсов. В основу принятия

решений положено исследование скользящего среднего объема фактического потребления за три прошедших года с учетом планируемых изменений в текущем году. При этом в случае выявления кластера, охватывающего основную группу организаций (более 60–70 %), в качестве среднего норматива потребления берется значение соответствующего центра кластера (рис. 1). В случае большого разброса показателей энергопотребления в качестве среднего норматива берется среднее значение показателя. Организации с аномальными показателями энергопотребления исключаются из исследования. Принятые решения по средним нормативам сведены в табл. 1. Следует заметить, что средние нормативы регулярно обновляются в процессе жизненного цикла организаций.

В целях организации оценки вводится функция полезности целевого показателя эффективности использования i -го ресурса, которая определяется по формуле

$$U_i = \frac{X_{i,n}}{X_i}, \quad (1)$$

где $X_{i,n}$ – средний норматив потребления i -го ресурса для соответствующего кластера ($i = 1, 2, \dots, n$, где n – количество измеренных показателей, соответствующих потребленным ресурсам); X_i – значение измеренного i -го показателя.

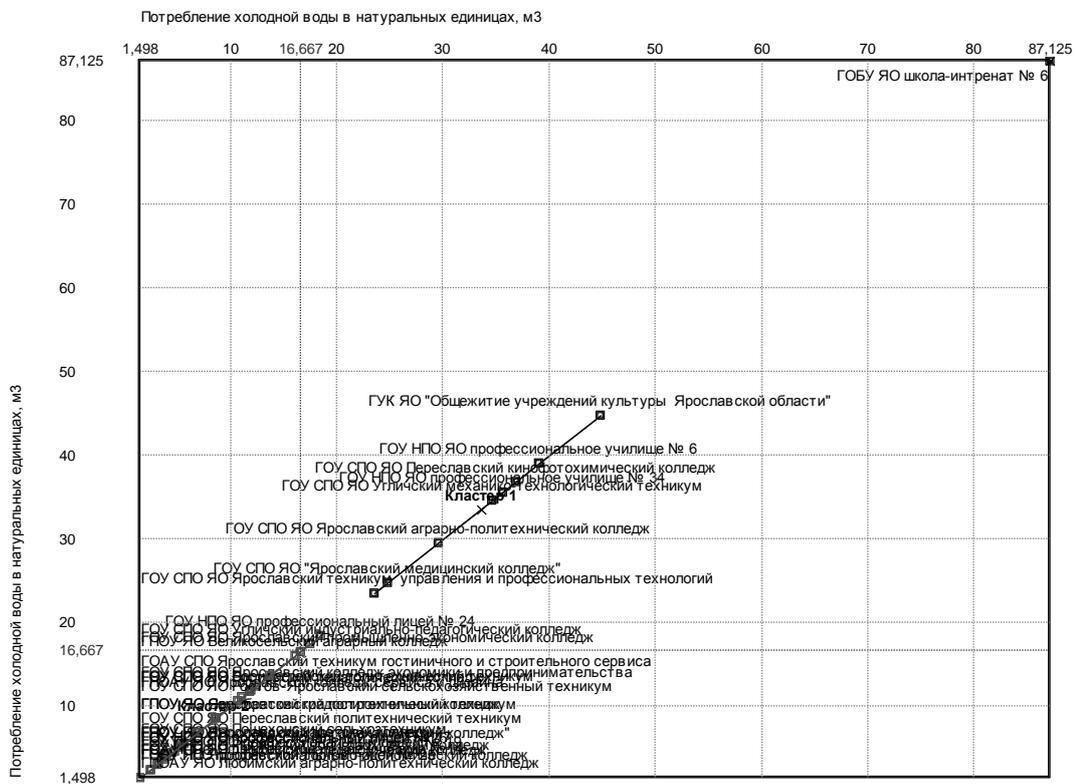


Рис. 1. Фрагмент отчета по кластеризации учебных заведений (установлен средний норматив потребления холодной воды 8,42 куб. м/чел)

Таблица 1. Средние нормативы потребления по кластерам потребителей

Кластер потребителей	Тепловая энергия, Гкал/кв. м	Электрическая энергия, кВт·ч/чел	Холодная вода, куб. м/чел	Горячая вода, куб. м/чел
Органы управления	0,22	854,26	11,54	4,78
Учебные заведения	0,19	321,64	7,20	3,58
Учебные заведения с общежитиями	0,20	400,19	11,40	3,80
Стационары	0,29	817,00	39,00	12,80
Поликлиники	0,18	471,76	7,90	2,15
Культурно-просветительские учреждения	0,23	820,21	3,30	0,82
Пожарные депо	0,28	628,47	20,39	0,92
Интернаты социальные	0,30	1237,53	39,70	19,09
Интернаты учебные	0,31	916,49	26,16	8,20
Социальные реабилитационные центры	0,26	657,76	19,70	8,65
Центры учебные	0,21	236,44	2,00	0,81

Таким образом, относя значение среднего норматива к удельному потреблению каждой организации, можно выявить отклонение целевого показателя энергоэффективности от принятого нормированного значения. В данном случае применяется функция полезности типа «чем меньше значение целевого показателя, тем лучше (выше оценка)», так как целесообразна минимизация потребления ресурсов. Используя полученные значения функции полезности, можно выполнять ранжирование организаций в рамках кластера с последующим сравнением их по эффективности энергопотребления и определением причин отклонений.

Оценка уровня энергопотребления организациями бюджетной сферы. Простой количественной оценки недостаточно для оценки уровня энергопотребления организации. Показатели энергопотребления различных ресурсов часто изменяются разнонаправленно. Для лица, принимающего решения, важно знать, приемлемы ли полученные значения, хороши ли они и в какой степени. Возникает необходимость установления логической связи количественных значений показателей выделенной группы с некоторым комплексным показателем, характеризующим уровень потребления топливно-энергетических ресурсов и воды.

Учитывая сложность однозначной и четкой формулировки состояния уровня энергопотребления, предлагается использовать лингвистические переменные для данной оценки. Это заключение подтверждают исследования ряда авторов¹ [2, 3]. Представляют интерес работы А.О. Недосекина, предложившего метод комплексного финансового анализа предприятий на основе нечетких представлений [4]. В настоящее время этот метод широко применяется как в практике экономического анализа, так и в других сферах для организации многокритериальной оценки эффективности.

¹ Сендеров С.М. Методология и практика исследования проблем энергетической безопасности России с выделением роли газовой отрасли: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Иркутск, 2008. – 43 с.

Ниже предпринята попытка применения метода, основанного на нечетких описаниях, к оценке уровня потребления топливно-энергетических ресурсов и воды в организационных структурах бюджетной сферы, включая муниципальные районы, городские округа, органы исполнительной власти и т. п. При этом связь между количественными значениями целевых показателей энергоэффективности с их качественным лингвистическим описанием задается некоторой функцией, определяющей принадлежность определенного уровня потребления нечеткому множеству. Так, для i -го ресурса предлагается ввести лингвистическое множество уровней энергопотребления $E_i = [0; 1]$, которое разбито на пять подмножеств с соответствующим значением уровня энергопотребления (табл. 2).

Таблица 2. Подмножества состояний уровня потребления ТЭР и воды организационной структурой

Интервал значения E_i	Обозначение	Наименование подмножества
$\varepsilon_i \in [0; 0,2)$	$E1_i$	Состояние «предельного неблагоприятия»
$\varepsilon_i \in [0,2; 0,4)$	$E2_i$	Состояние «неблагополучия»
$\varepsilon_i \in [0,4; 0,6)$	$E3_i$	Состояние «среднего качества»
$\varepsilon_i \in [0,6; 0,8)$	$E4_i$	Состояние «относительного благополучия»
$\varepsilon_i \in [0,8; 1)$	$E5_i$	Состояние «благополучия»

Таким образом, множество лингвистических значений переменной «Состояние уровня энергопотребления» исследуемой организационной структуры состоит из пяти компонентов. Каждому из подмножеств $E1_i, \dots, E5_i$ соответствуют значения функции, определяющие уровень потребления i -го ресурса.

Для оценки уровня потребления i -го ресурса конкретной организацией производится классификация значений нормированных показателей эффективности. Определяется лингвистическая переменная L_i оценки уровня полезности целевого показателя X_i . Полное множество его значений L_i разбивается на четыре подмножества:

L_{i1} – завышенный уровень потребления i -го ресурса ($L_i < 0,4$);

L_{2} – повышенный уровень потребления i -го ресурса ($0,4 \leq L_i < 0,8$);

L_{3} – средний уровень потребления i -го ресурса ($0,8 \leq L_i < 1,2$);

L_{4} – пониженный уровень потребления i -го ресурса ($L_i \geq 1,2$).

Теперь непосредственно перейдем к оценке уровня потребления. Пусть проведен мониторинг и анализ потребления ТЭР и воды бюджетными организациями соответствующей организационной структуры, в результате которых получены удельные показатели $X_{i,j}$ (где $j = 1, 2, \dots, m$, где m – количество бюджетных организаций в исследуемой структуре). На основе полученных значений удельных показателей определяются значения функций полезности $U_{i,j}$ (1). В табл. 3 показан принцип классификации полученных значений $U_{i,j}$ по ранее сформулированным критериям. При этом $\alpha_{ij} = 1$, если $U_{i,j} \in (L_{ik})$, и $\alpha_{ij} = 0$, когда оценка $U_{i,j}$ не попадает в выбранный интервал классификации.

Таблица 3. Результаты классификации значений показателей уровня потребления i -го ресурса по организационной структуре

Организация	L_{1}	L_{2}	L_{3}	L_{4}
O_1	α_{11}	α_{21}	α_{31}	α_{41}
O_2	α_{12}	α_{22}	α_{32}	α_{42}
...				
O_j	α_{1j}	α_{2j}	α_{3j}	α_{4j}

Уровень потребления i -го ресурса в исследуемой организационной структуре определяется по формуле

$$\varepsilon_i = \sum_{n=1}^4 \varepsilon_{in} \sum_{j=1}^m \frac{\alpha_{inj}}{j}, \quad (2)$$

где m – количество организаций в исследуемой организационной структуре; $\varepsilon_{in} = 0,25 \cdot n$.

Далее классифицируем полученное значение уровня энергопотребления исследуемой организационной структуры по табл. 2 и делаем вывод в лингвистической форме. Можно также выявить проблемные зоны (организации), которые способствуют повыше-

нию уровня потребления i -го ресурса. Эта информация дает возможность обоснованно планировать программные мероприятия в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Аналогичным образом может быть определен уровень потребления других ресурсов. Далее, имея оценку уровня потребления каждого ресурса, можно комплексно оценить уровень энергоэффективности соответствующей организационной структуры:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^4 w_i \varepsilon_i, \quad (3)$$

где w_i – весовой коэффициент, равный доле стоимости i -го ресурса от общей стоимости потребленных ресурсов соответствующей организационной структуры в определенном году; ε_i – оценка уровня потребления i -го ресурса (2).

Ретроспективный анализ динамики оценок позволяет судить об эффективности выполнения программных мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Пример оценки уровня энергетической эффективности. В качестве примера выполним оценку уровня энергопотребления департамента здравоохранения, который курирует 81 организацию, потребляющую топливно-энергетические ресурсы и воду. В табл. 4 приведен фрагмент результатов мониторинга целевых показателей энергетической эффективности этих организаций (для примера взят 2013 г.).

Используя средние нормативы потребления (табл. 1), вычисляем значения функций полезности $U_{i,j}$ для указанных ресурсов по каждой организации (табл. 5).

Как уже отмечалось, в рамках каждого кластера можно произвести сравнительный анализ уровня энергопотребления. Для примера на рис. 2 показано сравнение организаций, относящихся к кластеру «Поликлиники», по уровню потребления тепловой энергии.

Таблица 4. Показатели удельного потребления ТЭР и воды организациями здравоохранения (фрагмент)

Кластер энергопотребления	Удельное потребление тепловой энергии, Гкал/кв. м	Удельное потребление электрической энергии, кВт·ч/чел.	Удельное потребление холодной воды, куб. м/чел.	Удельное потребление горячей воды, куб. м/чел.
Органы управления	0,11	1278,63	1,69	
Органы управления	0,29	508,59	3,89	4,78
Органы управления	0,18	462,48	3,78	0,58
Органы управления	0,34	1017,56	14,77	71,42
Поликлиники	0,21	173,33	3,13	0,97
Поликлиники	0,19	260,33	6,83	3,04
Поликлиники	0,20	230,13	3,63	1,65
Поликлиники	0,19	895,81	22,44	0,26
Стационары	0,40	700,87	24,29	21,22
Стационары	0,20	830,27	20,30	14,37
Стационары	0,18	189,17	6,25	1,80
Стационары	0,14	1023,83	46,81	21,18

Таблица 5. Значения функций полезности для исследуемых организаций здравоохранения

Кластер	Оценка потребления тепловой энергии	Оценка потребления электрической энергии	Оценка потребления холодной воды	Оценка потребления горячей воды
Органы управления	1,99	0,67	6,82	0,00
Органы управления	0,75	1,68	2,97	1,00
Органы управления	1,19	1,85	3,06	8,18
Органы управления	0,64	0,84	0,78	0,07
Поликлиники	0,85	2,72	2,52	2,23
Поликлиники	0,93	1,81	1,16	0,71
Поликлиники	0,91	2,05	2,18	1,30
Поликлиники	0,96	0,53	0,35	8,19
Стационары	0,73	1,17	1,61	0,60
Стационары	1,42	0,98	1,92	0,89
Стационары	1,64	4,32	6,24	7,13
Стационары	2,02	0,80	0,83	0,60



Рис. 2. Диаграмма показателей и оценок уровня удельного потребления тепловой энергии для поликлиник

Далее переходим к оценке уровня энергопотребления департамента здравоохранения с использованием механизма нечеткой логики. По формуле (2) выполним оценку потребления каждого ресурса. Результаты отнесения полученной оценки к элементам нечеткого множества L_i представлены в табл. 6.

Сводные результаты, представленные в табл. 7, отражают отнесение показателей потребления ресурсов организациями департамента к выделенным нечетким множествам согласно имеющейся классификации. Таким образом, получают оценки по каждому использованному ресурсу.

В табл. 8 сведены оценки уровня энергопотребления за три года в разрезе используемых ресурсов.

Таблица 6. Результаты классификации значений показателей уровня потребления тепловой энергии по департаменту здравоохранения (фрагмент)

Кластер организации-потребителя	Завышенный уровень потребления ресурса	Повышенный уровень потребления ресурса	Средний уровень потребления ресурса	Пониженный уровень потребления ресурса
Органы управления	0	0	0	1
Органы управления	0	1	0	0
Органы управления	0	0	1	0
Органы управления	0	1	0	0
Поликлиники	0	0	1	0
Поликлиники	0	0	1	0
Поликлиники	0	0	1	0
Поликлиники	0	0	1	0
Стационары	0	1	0	0
Стационары	0	0	0	1
Стационары	0	0	0	1
Стационары	0	0	0	1

Таблица 7. Результаты оценки показателей уровня потребления ресурсов организациями департамента здравоохранения (фрагмент)

Кластер	Оценка потребления тепловой энергии	Оценка потребления электрической энергии	Оценка потребления холодной воды	Оценка потребления горячей воды
Органы управления	Пониженный уровень	Повышенный уровень	Пониженный уровень	Средний уровень
Органы управления	Повышенный уровень	Пониженный уровень	Пониженный уровень	
Органы управления	Средний уровень	Пониженный уровень	Пониженный уровень	Пониженный уровень
Органы управления	Повышенный уровень	Средний уровень	Повышенный уровень	Завышенный уровень
Поликлиники	Средний уровень	Пониженный уровень	Пониженный уровень	Пониженный уровень
Поликлиники	Средний уровень	Пониженный уровень	Средний уровень	Повышенный уровень
Поликлиники	Средний уровень	Пониженный уровень	Пониженный уровень	Пониженный уровень
Поликлиники	Средний уровень	Повышенный уровень	Завышенный уровень	Пониженный уровень
Стационары	Повышенный уровень	Средний уровень	Пониженный уровень	Повышенный уровень
Стационары	Пониженный уровень	Средний уровень	Пониженный уровень	Средний уровень
Стационары	Пониженный уровень	Пониженный уровень	Пониженный уровень	Пониженный уровень
Стационары	Пониженный уровень	Повышенный уровень	Средний уровень	Повышенный уровень

Таблица 8. Оценки потребления ТЭР и воды департаментом здравоохранения

Вид оценки	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Оценка потребления тепловой энергии	0,96	1,04	0,99
Оценка потребления электрической энергии	0,25	0,75	0,81
Оценка потребления холодной воды	0,47	0,68	0,54
Оценка потребления горячей воды	0,10	0,61	0,69

Для получения интегральной оценки уровня энергопотребления определяются весовые коэффициенты, соответствующие стоимости ресурсов (табл. 9).

Таблица 9. Весовые коэффициенты для интегральной оценки уровня энергопотребления

Вид оценки	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Оценка потребления тепловой энергии	0,51	0,52	0,50
Оценка потребления электрической энергии	0,38	0,38	0,41
Оценка потребления холодной воды	0,06	0,06	0,06
Оценка потребления горячей воды	0,05	0,04	0,03

В целях оценки эффективности выполнения программных мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в исследуемой организационной структуре представляет интерес ретроспективный анализ полученных интегральных оценок (табл. 10).

Анализ результатов оценки позволяет судить о том, что в 2013 г. показатели потребления ресурсов улучшились по сравнению с 2012 г., в 2014 г., наоборот, несколько

снизились. Данные табл. 8 свидетельствуют о существенном ухудшении оценок потребления холодной воды. Рис. 3 иллюстрирует изменение количественного состава нечетких подмножеств, соответствующих выделенным уровням потребления холодной воды с 2013 по 2014 г.

Таблица 10. Динамика интегральных оценок уровня энергопотребления

Вид оценки	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Интегральная оценка уровня энергопотребления	0,62	0,89	0,88

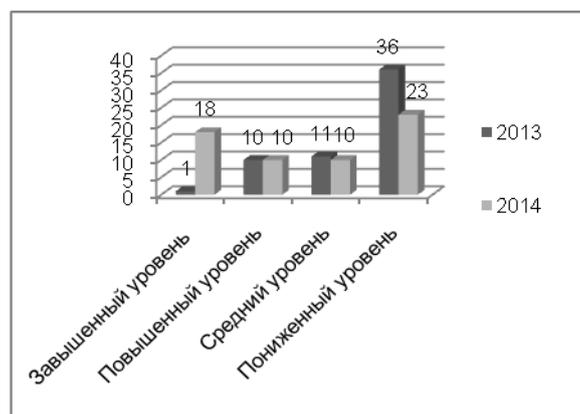


Рис. 3. Количественный анализ организаций по уровню потребления холодной воды

Анализ полученных показателей (рис. 3) показывает, что, по сравнению с 2013 г., в 2014 г. увеличилось количество организаций, принадлежащих к завышенному уровню потребления ресурса. Исследуя результаты оценки (табл. 7), можно выявить проблемные зоны. Диаграмма рис. 4 отражает процентные

соотношения в подмножестве организаций, имеющих завышенные показатели потребления холодной воды. Анализ полученных результатов позволяет обоснованно планировать технические мероприятия, направленные на повышение энергетической эффективности конкретных организаций.

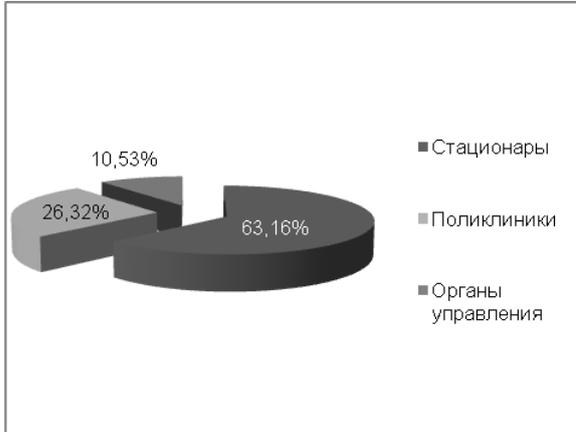


Рис. 4. Состав проблемной области

Проверка объективности методики оценки уровня энергопотребления. Для проверки объективности использованных в рассмотренной методике критериев оценки применен метод свертки данных – Data Envelopment Analysis (DEA). Это инструмент, с помощью которого по совокупности данных исследуемых объектах строится граница эффективности. Авторство метода DEA принадлежит А. Чарнсу, У. Куперу и Е. Родесу, которые использовали для измерения эффективности деятельности организаций аппарат линейного программирования [5]. На основе метода DEA выполнен анализ результатов оценки энергоэффективности организаций одного кластера. При этом целевая функция для оценки эффективности имеет вид

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = \max \frac{1}{x_1v_1 + x_2v_2 + x_3v_3 + x_4v_4}, \quad (4)$$

где x_1, x_2, x_3, x_4 – удельные показатели потребления тепловой энергии, электрической энергии, холодной воды и горячей воды; v_1, v_2, v_3, v_4 – соответствующие данным показателям весовые коэффициенты при следующих ограничениях: $0 < v_1 < 1$; $0 < v_2 < 1$; $0 < v_3 < 1$; $0 < v_4 < 1$.

Выполним оценку уровня энергопотребления на примере кластера «Поликлиники», насчитывающего 17 организаций. Решив 17 задач линейного программирования, получаем значения целевой функции для выбранных организаций (табл. 11).

Выполнено сравнение результатов оценки с данными, полученными на основе значений функции полезности (1) для организаций исследуемого кластера. Поскольку метод DEA оперирует с равнозначными показателями,

для сравнения применена аддитивная свертка невзвешенных значений функций полезности. Анализ полученных результатов сравнения показывает, что оценки достаточно хорошо коррелируют. Это подтверждает вывод о корректности принятых значений критериев оценки, используемых в рассмотренной методике (рис. 5, 6).

Таблица 11. Экстремальные значения целевых функций для организаций кластера

Организация	Значение целевой функции $f(x_1, x_2, x_3, x_4)$
Поликлиника №1	37,04
Поликлиника №2	61,73
Поликлиника №3	333,33
Поликлиника №4	42,37
Поликлиника №5	24,69
Поликлиника №6	9,34
Поликлиника №7	3333,33
Поликлиника №8	19,34
Поликлиника №9	10,88
Поликлиника №10	68,97
Поликлиника №11	56,18
Поликлиника №12	10000,00
Поликлиника №13	3333,33
Поликлиника №14	10000,00
Поликлиника №15	25,19
Поликлиника №16	22,37
Поликлиника №17	21,05

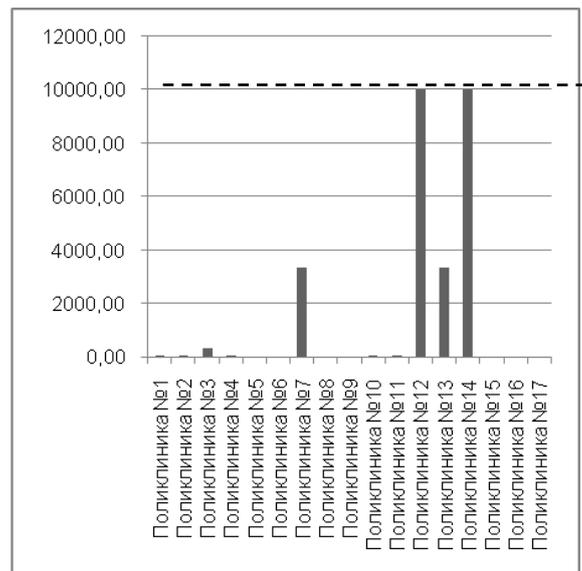


Рис. 5. Результаты оценки эффективности энергопотребления методом DEA (пунктирной линией показана граница эффективности)

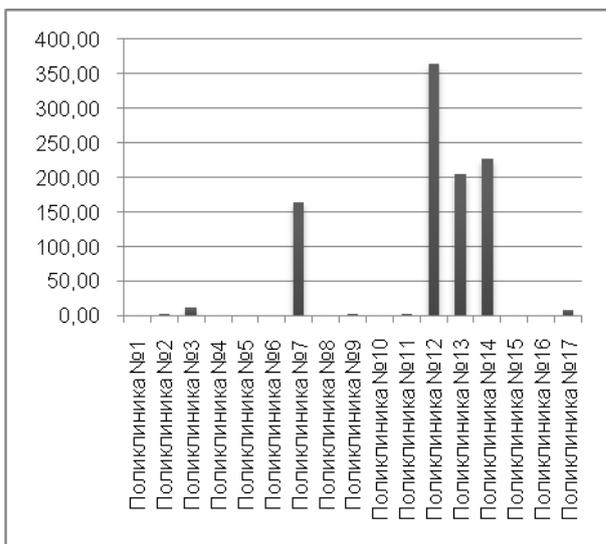


Рис. 6. Результаты оценки эффективности энергопотребления на основе аддитивной свертки значений функции полезности

Заключение

Ретроспективный анализ рейтинговых оценок уровня энергопотребления бюджетных организаций позволяет судить об эффективности проводимой политики энергосбережения в исследуемой организационной структуре (муниципальном районе, городском округе, департаменте, министерстве). Выявление проблемных зон позволяет обоснованно планировать программные мероприятия. Одновременно, обеспечение возможности каждой организации сравнить свой уровень энергопотребления с лучшими достижениями в своей сфере мотивирует руководство на поиск решений, направленных на повышение эффективности потребления ресурсов. Таким образом, реализуются основные задачи бенчмаркинга энергопотребления.

Ирина Дмитриевна Ратманова,

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
доктор технических наук, профессор кафедры программного обеспечения компьютерных систем,
телефон (4932) 26-98-34,
e-mail: idr@ispu.ru

Ольга Михайловна Гурфова,

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
аспирант кафедры программного обеспечения компьютерных систем,
телефон (4932) 26-98-33,
e-mail: omgur@osi.ispu.ru

Список литературы

1. **Энергосбережение** и повышение энергетической эффективности: учеб. пособие для ответственных за энергосбережение / Е.А. Борголова, Ф.Ф. Лавриненко, Ю.Ф. Тихоненко и др. – М., 2013. – 349 с.
2. **Информационная** поддержка мониторинга расходования средств на оплату коммунальных услуг в бюджетных отраслях / А.В. Клименко, А.Г. Вакулко, С.П. Манчха, А.В. Бобряков // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2012. – Вып. 6. – С. 46–52.
3. **Баев И.А., Каримова Т.Г.** Индикативный анализ энергетической безопасности предприятия // Вестник ЮУрГУ. Сер. Экономика и менеджмент. – 2009. – Вып. 8(141). – С. 53–58.
4. **Метод** комплексного финансового анализа на основе нечетких представлений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hugebank.ru/nikars-641-1.html>, свободный. – Загл. с экрана.
5. **Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E.** Measuring the efficiency of decision making units // European Journal of Operational Research. – 1978. – № 2(6). – P. 429–444. doi: 10.1016/0377-2217(78)90138-8.

References

1. Borgolova, E.A., Lavrinenko, F.F., Tikhonenko, Yu.F., Stezhko, A.V., Bryantsev, V.A., Ageyev, M.K., Zhokin, Yu.G. *Energoberezhnie i povyshenie energeticheskoy effektivnosti* [Power saving and energy efficiency increase: a study guide for power saving officers]. Moscow, 2013. 349 p.
2. Klimenko, A.V., Vakulko, A.G., Manchkhа, S.P., Bobryakov, A.V. *Informatsionnaya podderzhka monitoring raskhodovaniya sredstv na oplatu kommunal'nykh uslug v byudzhetykh otraslyakh* [Informational support of the public sector organizations utility expenses monitoring]. *Energobezopasnost' i energoberezhnie*, 2012, issue 6, pp. 46–52.
3. Bayev, I.A., Karimova, T.G. *Indikativnyy analiz energeticheskoy bezopasnosti predpriyatiya* [Indicative analysis of enterprise power safety]. *Vestnik YuUrGU. Ekonomika i menedzhment*, 2009, 8(141), pp. 53–58.
4. *Metod kompleksnogo finansovogo analiza na osnove nechetkikh predstavleniy* [A complex financial analysis method based on fuzzy calculations]. Available at: <http://www.hugebank.ru/nikars-641-1.html>
5. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 1978, no. 2(6), pp. 429–444. doi: 10.1016/0377-2217(78)90138-8