

УДК 332.145

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В БЮДЖЕТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Якупова Н.М., Андреев А.В.

*ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
Казань, e-mail: Aleksey_Andreev_mail@mail.ru*

Используемая в настоящее время методика прогнозирования потребности бюджетных учреждений в электрической энергии, основанная на применении усредненных нормативов по субъекту федерации, не отражает влияние определенных внешних и внутренних факторов деятельности учреждения на объем электропотребления, что приводит в конечном итоге к неэффективному использованию бюджетных средств. Эта проблема особенно актуальна для местных бюджетов, так как многочисленная сеть учреждений образования, культуры финансируется за счет средств этих бюджетов. В статье анализируется степень влияния факторов внутренней и внешней среды на потребление электрической энергии в общеобразовательных организациях на примере муниципальных районов Республики Татарстан. По результатам проведенного исследования сделан вывод о том, что потребление электрической энергии общеобразовательными организациями характеризуется выраженной сезонностью, в связи с чем форма отображения модели представлена как мультипликативная тренд-сезонная модель, для которой определены значения компонент на основе корреляционно-регрессионного анализа. Аналогичные расчеты проведены по другим муниципальным районам Республики Татарстан, по итогам которого построены тренд-сезонные модели для каждого исследуемого района.

Ключевые слова: электроэнергия, бюджетные учреждения, энергопотребление, нормативы потребления энергоресурсов, внутренние и внешние факторы среды, тренд-сезонная модель, корреляционно-регрессионный анализ

IMPROVEMENT OF METHODS OF PLANNING LIMITS ELECTRICITY CONSUMPTION IN BUDGETARY INSTITUTIONS

Yakupova N.M., Andreev A.V.

*Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Kazan (Volga region)
Federal University, Kazan, e-mail: Aleksey_Andreev_mail@mail.ru*

The currently used method of forecasting the needs of public institutions in electricity, based on the use of standards for the average of the Federation, does not reflect the impact of certain internal and external factors of the institution on the amount of electricity that leads, ultimately, to an inefficient use of budgetary funds. This issue is particularly relevant for local budgets, as a large network of institutions of education, culture funded by these budgets. The article analyzes the degree of influence of factors internal and external environment on the consumption of electric energy in educational institutions on the example of the municipal districts of the Republic of Tatarstan. As a result of the Exploration concluded that the consumption of electricity general education organizations characterized by marked seasonality, and therefore the shape of the display model is presented as a multiplicative trend-seasonal model, for which the values of the components based on correlation – regression analysis. Similar calculations are performed for other municipal districts us the Republic of Tatarstan, the results of which are constructed trend-seasonal model for each study area.

Keywords: electricity, budgetary institutions, energy consumption, energy consumption standards, internal and external environmental factors, the seasonal trend model of correlation – regression analysis

Продолжая цикл статей, посвященных применению методов экономико-математического моделирования при планировании потребления энергоресурсов, авторы публикуют итоги исследования, посвященного выявлению степени и направления влияния факторов среды на потребление электроэнергии. Отметим, что 50–70% потребленной электроэнергии расходуется на нужды освещения [2].

Изучение влияния внутренних и внешних факторов среды на потребление электроэнергии проводилось на основе данных по общеобразовательным организациям, предоставленных отделами образования ряда муниципальных районов РТ: Спас-

ского, Алексеевского, Новошешминского и Чистопольского – за период с 2009 по 2013 годы. Для построения и идентификации экономико-математической модели в качестве примера нами рассмотрены общеобразовательные организации Спасского муниципального района.

На первом этапе исследования определены внутренние и внешние факторы среды, оказывающие влияние на потребление электроэнергии. Выдвинута гипотеза, что к таким факторам относятся:

- продолжительность светового дня;
- доля общеобразовательных организаций, требующих капитального ремонта,

в общем количестве общеобразовательных организаций;

– доля общеобразовательных организаций, оснащенных приборами учета электрической энергии, в общем количестве общеобразовательных организаций;

– доля общеобразовательных организаций, с которыми заключены энергосервисные контракты, в общем количестве общеобразовательных организаций;

– доля общеобразовательных организаций, в которых проведен энергетический аудит, в общем количестве общеобразовательных организаций.

Следующим этапом определяются количественные характеристики внутренних и внешних факторов среды и потребления электрической энергии. Анализ временного ряда удельного потребления электроэнергии с января 2009 года по декабрь 2013 года выявил наличие сезонного характера потребления электроэнергии. Так, в зимние месяцы при сокращенной продолжительности светового дня удельное потребление электрической энергии увеличивается до 2,5–2,8 кВт/ч на квадратный метр в месяц в летний период происходит сокращение потребления на 1,4–2,1 кВт/ч на квадратный метр в месяц.

Изучение потребления электроэнергии общеобразовательными организациями Спасского муниципального района показало, что оно носит сезонный характер. В связи с чем модель зависимости потребления электроэнергии от внутренних и внешних факторов среды имеет вид мультипликативной тренд-сезонной модели [5].

Для расчета количественных характеристик сезонной компоненты был определен период сезонных колебаний на основе анализа коэффициента автокорреляции n -го порядка для каждого месяца.

Для первого порядка значение коэффициента автокорреляции составило $r_1 = 0,8$, второго – 0,5, третьего – 0,06 и т.д. Наибольшее значение коэффициента автокорреляции соответствует декабрю (0,9), что позволяет считать периодичность сезонного колебания потребления электроэнергии равной 12 месяцам.

Согласно методике построения тренд-сезонных моделей рассчитывается скорректированная сезонная компонента на основе скользящей средней и центрированной скользящей средней. В мультипликативной модели сумма значений сезонной компоненты по всем месяцам должна быть равна числу периодов в цикле. Для выполнения этого требования нами определен корректирующий коэффициент по анализируемому муниципальному району и произведена со-

ответствующая корректировка. Скорректированные значения сезонной компоненты по удельному потреблению электроэнергии представлены в табл. 1.

Таблица 1
Числовые значения скорректированной сезонной компоненты по потреблению электроэнергии для общеобразовательных организаций Спасского муниципального района

Месяц	Числовые характеристики скорректированной сезонной компоненты, кВт/ч на квадратный метр в месяц
Январь	1,5533
Февраль	1,5555
Март	1,3187
Апрель	0,9485
Май	0,6722
Июнь	0,5167
Июль	0,2204
Август	0,3398
Сентябрь	0,7574
Октябрь	1,0874
Ноябрь	1,3046
Декабрь	1,7256
Итого	12

Анализ табл. 2 позволяет говорить о том, что наблюдается определенная динамика значений скорректированной сезонной компоненты: с приближением теплого времени года происходит снижение значений сезонной компоненты.

Таким образом, в табл. 2 нами определены числовые характеристики сезонной компоненты (S). Далее определим значения переменной тренда (T), под которой мы понимаем потребление электроэнергии, не подверженное влиянию сезонности.

С целью проведения проверки качества экономико-математической модели необходимо исследование на выполнимость предпосылок, одной из которых является отсутствие мультиколлинеарности [3, 4]. Проверка показала, что между фактором «продолжительность дня» и сезонной компонентой существует мультиколлинеарность. В связи с чем из дальнейшего рассмотрения нами был исключен фактор «продолжительность дня».

Далее для выявления «чистого» влияния факторов внутренней среды на тренд потребления электроэнергии производится исключение фактора сезонности из потребления электроэнергии. Для установления числовых характеристик тренда определяется разность

между величиной месячного удельного потребления электроэнергии и величиной сезонной компоненты за соответствующий месяц.

Следующим шагом является проведение корреляционного анализа определения тесноты связи между трендом и факторами внутренней среды.

Для удобства расчетов нами введены следующие обозначения:

– зависимая переменная (трендовая компонента) – удельное потребление электрической энергии, не подверженное влиянию сезонности (кВт/ч на квадратный метр в месяц).

Независимые переменные нами обозначены как:

– доля общеобразовательных организаций, требующих капитального ремонта, в общем количестве общеобразовательных организаций – Sh.rep;

– доля бюджетных учреждений, в которых проведен энергетический аудит, в общем количестве бюджетных учреждений – Sh.audit;

– доля бюджетных учреждений, с которыми заключены энергосервисные контракты, в общем количестве бюджетных учреждений – Sh.service;

– доля бюджетных учреждений, оснащенных приборами учета электрической энергии, в общем количестве бюджетных учреждений – Sh.device.

Предварительный анализ массива данных позволил нам исключить такие независимые переменные, как доля бюджетных учреждений, оснащенных приборами учета электрической энергии, в общем количестве бюджетных учреждений и доля бюджетных учреждений, с которыми заключены энергосервисные контракты, в общем количестве бюджетных учреждений. Целесообразность исключения этих переменных продиктована тем, что количественные значения переменных за анализируемый период являлись константами: приборы учета электроэнергии установлены во всех бюджетных учреждениях района (доля = 1), а энергосервисные договоры не заключались (доля = 0).

В табл. 2 представлена матрица корреляционного анализа по оставшимся переменным.

Таблица 2

Матрица корреляционного анализа

	T	Sh.rep	Sh.audit
T	1		
Sh.rep	0,701346	1	
Sh.audit	-0,5942	-0,47848	1

Из данных табл. 3 видно, что связь между удельным потреблением электроэнергии на квадратный метр и независимыми переменными по шкале Чеддока [4] характеризуется как: с переменной Sh.rep – прямая высокая; с переменной Sh.audit – обратная заметная.

В табл. 3 представлены результаты регрессионного анализа эконометрической модели.

Таблица 3

Результаты регрессионного анализа эконометрической модели потребления электроэнергии

Показатель	Значение
Множественный R	0,760676
R-квадрат	0,578629
Нормированный R-квадрат	0,563844
Стандартная ошибка	0,263202
Наблюдения	60

Из данных табл. 4 видно, что коэффициент детерминации равен 0,578629, что говорит о необходимости дальнейшего исследования качества модели. Информация о результатах многофакторного дисперсионного анализа представлена в табл. 4.

Результаты проведенного многофакторного дисперсионного анализа показывают высокое качество полученной модели. Иными словами, модель и ее параметры статистически значимы с вероятностью $P = 95\%$.

В табл. 5 представлены рассчитанные коэффициенты регрессии.

Таблица 4

Результаты многофакторного дисперсионного анализа

Показатель	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	5,422351	2,711176	39,1363	2,01E-11
Остаток	57	3,948687	0,069275		
Итого	59	9,371038			

Таблица 5

Коэффициенты регрессии

	Y-пересечение	Sh.rep	Sh.audit
Коэффициенты	1,203967	2,240451	-0,31329
Стандартная ошибка	0,153128	0,405603	0,091459
t-статистика	7,862516	5,523751	-3,42546
P-Значение	1,16E-10	8,54E-07	0,001144
Нижние 95 %	0,897335	1,428244	-0,49644
Верхние 95 %	1,5106	3,052657	-0,13015
Нижние 95 %	0,897335	1,428244	-0,49644
Верхние 95 %	1,5106	3,052657	-0,13015

Таким образом, для общеобразовательных организаций Спасского муниципального района РТ нами была построена модель зависимости трендовой компоненты от внутренних факторов среды:

$$T = 1,20397 + 2,24045 \cdot \text{Sh.rep} - 0,3133 \cdot \text{Sh.audit} + E, \quad (1)$$

где T – удельное потребление электрической энергии, не подверженное влиянию сезонности, (кВт/ч на квадратный метр в месяц); Sh.rep – доля общеобразовательных организаций, требующих капитального ремонта, в общем количестве общеобразовательных организаций; Sh.audit – доля общеобразовательных организаций, в которых проведен энергетический аудит, в общем количестве общеобразовательных организаций.

Из формулы (2) видно, что при увеличении на 1 пункт доли общеобразовательных организаций, требующих капитального ремонта, в общем количестве общеобразовательных организаций удельное потребление электроэнергии увеличивается на 2,24045 кВт/ч на квадратный метр в месяц. Увеличение доли общеобразовательных организаций, в которых проведен энергетический аудит, в общем количестве общеобразовательных организаций на 1 пункт влечет за собой уменьшение удельного потребления электроэнергии на 0,3133 кВт/ч на квадратный метр в месяц.

Следовательно, тренд-сезонная модель для общеобразовательных органи-

заций Спасского муниципального района имеет вид

$$Y = S \cdot (1,20397 + 2,24045 \cdot \text{Sh.rep} - 0,3133 \cdot \text{Sh.audit}) + E, \quad (2)$$

где Y – удельное потребление электроэнергии (кВт/ч на квадратный метр в месяц); S – сезонная компонента; E – случайная компонента.

С одной стороны, определение норматива потребления электроэнергии на основе ретроспективных данных подвержено влиянию ошибок прошлого, заключающихся в не всегда эффективном электропотреблении, но с другой стороны, как отмечает Р.Г. Баширов, нормирование без фактических данных означало бы отрыв планируемых показателей от реальной действительности. Поэтому определение норматива потребления электроэнергии на основе ретроспективных данных следует считать одним из методологических принципов нормирования [1].

Аналогичные расчеты, проведенные по Новошешминскому, Алексеевскому и Чистопольскому муниципальным районам, также позволили построить тренд-сезонные модели (табл. 6).

Таблица 6

Тренд-сезонные модели потребления электроэнергии в общеобразовательных организациях Чистопольского, Алексеевского, Новошешминского муниципальных районов РТ

№ п/п	Муниципальный район РТ	Модель
1	Чистопольский	$Y = S \cdot (1,52909 + 1,147859 \cdot \text{Sh.rep}) \cdot E$
2	Алексеевский	$Y = S \cdot (1,485866 + 1,045356 \cdot \text{Sh.rep}) \cdot E$
3	Новошешминский	$Y = S \cdot (0,962438 + 1,1479 \cdot \text{Sh.rep}) \cdot E$

В трех анализируемых районах проведение энергетического аудита не повлияло на удельное потребление электроэнергии, что объясняется отсутствием вариативности переменной «доля общеобразовательных организаций, в которых проведен энергетический аудит, в общем количестве общеобразовательных организаций».

Таким образом, планирование потребления электроэнергии на основе применения тренд-сезонных моделей учитывает фактические условия функционирования общеобразовательных организаций и позволяет выявить внутренние и внешние факторы среды, которые оказывают влияние на потребление электроэнергии, что дает возможность воздействовать на них в целях снижения их негативного воздействия и повышения эффективности бюджетных расходов.

Список литературы

1. Баширов М.Г. Экономика электропотребления в промышленности: учеб. пособие для вузов / М.Г. Баширов и др. / под ред. М.Г. Баширова. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2004. – 156 с.
2. Вагин Г.Я., Лоскутов А.Б., Солнцев Е.Б., Шмелев М.Е., Фитасов А.Н. Энергоаудит организаций бюджетной сферы Нижегородского региона // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. – Вып. 1. – 1999
3. Мхитарян В.С. Статистика: учебник / под ред. В.С. Мхитаряна. – М.: Экономист, 2005. – 671 с.

4. Назаров М.Г. (ред.) Курс социально-экономической статистики. – М.: Финстатинформ, Юнити-Дана, 2000. – 771 с.

5. Осипов А.Л., Храпов В.Н. Эконометрика: учебно-методический комплекс для дистанционного обучения. – Новосибирск: СибАГС, 2002. – 172 с.

References

1. Bashirov M.G. EHkonomika ehlektropotrebleniya v promyshlennosti: Ucheb. posobie dlya vuzov / M.G. Bashirov i dr. Pod red. M.G. Bashirova. Ufa: Izd-vo UGNTU, 2004. 156 p.

2. Vagin G.Y., Loskutov A.B., Solncev E.B., Shmelev M.E., Fitasov A.N. EHnergoaudit organizacij byudzhetnoj sfery Nizhegorodskogo regiona. EHnergoehffektivnost: opyt, pro-blemy, resheniya. Vypusk 1. 1999

3. Mhityaryan V.S. Statistika. Uchebnik / Pod red. V.S. Mhityaryana. M.: EHkonomist, 2005. 671 p.

4. Nazarov M.G. (red.) Kurs socialno-ehkonomicheskoy statistiki. M.: Finstatinform, YUniti-Dana, 2000 g. 771 p.

5. Osipov A.L., Hrapov V.N. EHkonometrika: Uchebno-metodicheskij kompleks dlya di-stancionnogo obucheniya. Novosibirsk: SibAGS, 2002. 172 p.

Рецензенты:

Шигаев А.И., д.э.н., старший преподаватель кафедры управленческого учета и контроллинга, Институт управления, экономики и финансов, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань;

Кундакчян Р.М., д.э.н., профессор, зав. кафедрой экономической теории, Институт управления, экономики и финансов, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.