

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА УДЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

И. А. Башмаков, К. Б. Борисов, М. Г. Дзедзичек, А. А. Лунин, О. В. Лебедев, А. Д. Мышак

Реализуя то или иное энергосберегающее мероприятие, важно понимать, насколько его внедрение снизит энергопотребление объекта. Поэтому была поставлена задача – выявить влияние основных факторов, включая реализацию мер по повышению энергоэффективности, на значения удельных показателей использования тепловой и электрической энергии на объектах государственных (муниципальных) учреждений. Исследование проводилось на основе эмпирических данных методами регрессионного анализа. Потенциально это должно повысить надежность и обоснованность оценок эффективности реализации отдельных мер по повышению энергоэффективности на объектах бюджетной сферы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

энергоэффективность на объектах бюджетной сферы, результативность мер по повышению энергоэффективности, эконометрический анализ



Источники данных

Источником данных для проведения эконометрического анализа стали файлы из государственной информационной системы «Энергоэффективность» (ГИС «Энергоэффективность»), в которых содержатся сводные данные энергетических деклараций за 2018 год, заполненные в соответствии с приказом Минэнерго России № 401¹. Исходные данные были преобразованы согласно разработанному ЦЭНЭФ-XXI алгоритму определения параметров бенчмаркинга по удельному расходу типовых ресурсов на типовых объектах в сопоставимых условиях. Была сформирована выборка из 116,5 тыс. зданий полезной площадью 121 млн м² с отапливаемой площадью 87 млн м² и числом пользователей 560 млн чел. (это в 4 раза больше населения страны, поскольку один житель многократно в течение года пользуется услугами разных государственных (муниципальных) учреждений). Все эти объекты были разбиты на 21 функционально-типологическую группу объектов. По каждой из этих групп были сформированы отдельные выборки, для которых использовались фильтры на наличие приборов учета, реалистичность исходных и удельных показателей. В итоговой выборке остались здания общей отапливаемой площадью 62 млн м². По отдельным коммунальным ресурсам площади зданий в выборках оказались меньше.

Эффективность систем отопления и вентиляции

Качество полученных результатов анализа напрямую зависит от качества исходной информации. Основываясь на данных табл. 1 и опыте работы ЦЭНЭФ-XXI на объектах бюджетной сферы, можно заключить, что качество информации выше для таких групп, как дошкольные образовательные учреждения (ДОУ) и общеобразовательные школы. На этих объектах данные

- И. А. Башмаков**, доктор эконом. наук, генеральный директор, Центр энергоэффективности XXI век (ЦЭНЭФ-XXI)
- К. Б. Борисов**, канд. техн. наук, исследователь, ЦЭНЭФ-XXI
- М. Г. Дзедзичек**, ведущий исследователь ЦЭНЭФ-XXI
- А. А. Лунин**, канд. техн. наук, ведущий исследователь ЦЭНЭФ-XXI
- О. В. Лебедев**, канд. физ.-мат. наук, исследователь ЦЭНЭФ-XXI
- А. Д. Мышак**, исследователь ЦЭНЭФ-XXI

Таблица 1 Анализ влияния отдельных факторов на эффективность систем отопления и вентиляции разных функционально-типологических групп объектов*

Функционально-типологические группы объектов	Факторы			Среднее значение удельного показателя	Изменение среднего значения, %, за счет		
	износ здания	автоматическое регулирование	энергоэффективное остекление		роста износа здания на 10 %	установки АИТП	роста доли энергоэффективного остекления на 100 %
ДОУ	0,160	-31,726	-0,034	56,43	2,8	-56,2	-6,0
<i>t-статистика</i>	12,681	-13,651	-4,216				
Общеобразовательные учреждения	0,022	-3,726	-0,016	48,10	0,5	-7,7	-3,3
<i>t-статистика</i>	2,769	-4,515	-2,883				
Вузы	0,228	2,573	0,109	57,10	4,0	4,5	19,1
<i>t-статистика</i>	2,765	0,465	2,080				
Школы искусств	-0,005	-11,672	0,002	52,73	-0,1	-22,1	0,4
<i>t-статистика</i>	-0,121	-1,885	0,071				
Музыкальные школы	-0,038	-14,815	-0,017	57,08	-0,7	-26,0	-3,0
<i>t-статистика</i>	-0,623	-1,718	-0,383				
ДЮСШ	0,113		0,085	60,20	1,9	0,0	14,1
<i>t-статистика</i>	1,491		1,639				
Больницы	-0,049	-2,809	-0,123	62,90	-0,8	-4,5	-19,6
<i>t-статистика</i>	-0,931	-0,394	-3,364				
Лечебные учреждения со стационаром	-0,004	-10,418	-0,025	55,35	-0,1	-18,8	-4,5
<i>t-статистика</i>	-0,042	-0,856	-0,403				
Поликлиники	0,048	-10,201	-0,082	46,60	1,0	-21,9	-17,6
<i>t-статистика</i>	1,418	-2,612	-3,317				
Аптеки, молочные кухни и др.	0,046	-12,732	0,152	52,50	0,9	-24,3	29,0
<i>t-статистика</i>	0,359	-0,690	1,895				
Крытые спортивные сооружения	0,022	2,551	-0,006	57,80	0,4	4,4	-1,0
<i>t-статистика</i>	0,628	0,859	-0,241				
Открытые спортивные сооружения	0,029	1,029	0,026	61,80	0,5	1,7	4,2
<i>t-статистика</i>	0,422	0,179	0,523				
Бассейны и водно-спортивные комплексы	0,208	-0,573	-0,074	84,60	2,5	-0,7	-8,7
<i>t-статистика</i>	1,507	-0,079	-0,820				

¹ Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 30 июня 2014 года № 401 «Об утверждении Порядка представления информации об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

Таблица I (окончание)

Функционально-типологические группы объектов	Факторы			Среднее значение удельного показателя	Изменение среднего значения, %, за счет		
	износ здания	автоматическое регулирование	энергоэффективное остекление		роста износа здания на 10 %	установки АИТП	роста доли энергоэффективного остекления на 100 %
Клубы	0,019	-7,141	-0,018	51,01	0,4	-14,0	-3,5
<i>t-статистика</i>	0,795	-1,896	-1,088				
Музеи и выставки	0,056	-10,117	-0,018	48,78	1,1	-20,7	-3,7
<i>t-статистика</i>	0,852	-1,229	-0,391				
Театры и кинотеатры	0,045	-11,252	0,051	43,15	1,0	-26,1	11,8
<i>t-статистика</i>	0,839	-2,712	1,37				
Административные здания	0,081	-1,024	-0,032	56,70	1,4	-1,8	-5,6
<i>t-статистика</i>	4,009	-1,184	-2,289				
Библиотеки (читальные залы, медиатеки)	0,058	-0,291	-0,022	52,20	1,1	-0,6	-4,2
<i>t-статистика</i>	1,317	-0,045	-0,816				
НИИ, проектные и конструкторские организации	-0,042	5,503	-0,009	53,50	-0,8	10,3	-1,7
<i>t-статистика</i>	-0,569	0,764	-0,152				
Органы социального обеспечения и центры занятости	0,059	-5,744	-0,091	90,30	0,7	-6,4	-10,1
<i>t-статистика</i>	1,630	-1,089	-3,176	56,43	2,8	-56,2	-6,0

* Серым цветом обозначены коэффициенты регрессионных уравнений, для которых не подтвердилась гипотеза об их статистической значимости. Розовым цветом обозначены коэффициенты регрессионных уравнений, для которых знаки не соответствуют ожидаемому влиянию всех соответствующих факторов.

Источник: Оценки ЦЭНЭФ-ХХI на основе данных ГИС «Энергоэффективность» за 2018 год.

о потреблении энергии и реализации энергоэффективных мероприятий, как правило, ведут централизованные бухгалтерии или специализированные организации, которые и заполняют декларации, используемые в качестве информационной базы для ГИС «Энергоэффективность».

Обобщая результаты регрессионного анализа влияния отдельных факторов на эффективность систем отопления и вентиляции для разных функционально-типологических групп объектов, можно сформулировать следующие выводы (табл. I):

- Для подавляющей части функционально-типологических групп объектов знаки перед всеми факторами адекватно отражают их ожидаемое влияние:

- рост износа здания за счет деградации ограждающих конструкций и инженерных систем приводит

- к росту удельных расходов тепла на нужды отопления и вентиляции;
- установка систем автоматического регулирования подачи тепла в зависимости от температуры наружного воздуха позволяет снижать удельный расход тепла на нужды отопления и вентиляции;
- установка энергоэффективного остекления позволяет снижать удельный расход тепла на нужды

отопления. Без установки АИТП получить этот эффект от данной меры сложно, а при остеклении одновременно с установкой АИТП эффект может частично отразиться в значении коэффициента перед фактором автоматического регулирования.

- Доля статистически значимых факторов сравнительно невелика, что объясняется как низким качеством информации, так и большим разнообразием условий, в которых работают объекты, адекватностью использования установленного оборудования, комплексностью реализуемых проектов и программ по экономии тепловой энергии.

- Обобщенные количественные оценки влияния отдельных факторов выглядят следующим образом:

- рост износа здания на 10 % (при отсутствии глубокого капитального ремонта) приводит к увеличению удельного расхода тепла на нужды отопления за счет деградации ограждающих конструкций зданий и инженерных систем в среднем на 1,3 % от среднего для данной функционально-типологической группы объектов уровня. Если средний срок службы здания равен 50–60 годам, то удельный расход тепловой энергии на нужды отопления и вентиляции растет примерно на 0,2 % в год;
- внедрение автоматического регулирования в среднем экономит 16,6 % от среднего уровня (для функционально-типологических групп объектов с корректным знаком перед этой переменной). Если выборку функционально-типологических групп ограничить только теми, где коэффициент перед этим фактором оказался статистически значимым, то среднее значение

#терминология

Эконометрика – наука, изучающая количественные и качественные экономические взаимосвязи с помощью статистических и других математических методов и моделей. Термин «эконометрика» впервые появился в исследованиях П. Цьемпы (1910), Й. Шумпетера (1923), Р. Фриша (1930) и является соединением двух слов: «экономика» и «метрика». В переводе с греческого *oikonomos* (экономист) – это управляющий домом, *metrihe, metron* (метрика) – мера, размер.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ
ВЫСТАВКИ

РОС ГАЗ ЭКСПО

В рамках X Петербургского
Международного Газового Форума

6-9
октября
2020

КОТЛЫ
И
ГОРЕЛКИ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



ОРГАНИЗАТОР



Тел/факс: +7(812) 777-04-07; 718-35-37
st@farexpo.ru
www.farexpo.ru

ДЕЛОВОЙ ПАРТНЕР: EXPOFORUM

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ:



МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Санкт-Петербург, конгрессно-выставочный центр «ЭКСПОФОРУМ», павильон G, Петербургское шоссе, 64/1

экономии возрастает до 28 %. Первая цифра близка к эффектам от установки АИТП в МКД. По итогам анализа установки АИТП на жилых зданиях средняя фактически полученная экономия равна 15–17 %;

- остекление (увеличение доли энергосберегающих стеклопакетов с 0 до 100 %) в среднем дает экономию 6,6 % от среднего уровня (по выборке для функционально-типологических групп объектов с корректным знаком перед этой переменной). База данных ГИС «Энергоэффективность» не дает информации о параметрах энергоэффективного остекления (сопро-

тивление теплопередаче). Наличие этого параметра позволило бы повысить точность статистических оценок.

- Реализация только двух рассмотренных энергосберегающих мероприятий – установки АИТП и энергоэффективного остекления – позволяет получить реальную экономию в размере примерно четверти расхода тепловой энергии на нужды отопления и вентиляции. Есть все основания предполагать, что повышение качества информации в ГИС «Энергоэффективность» позволит повысить точность количественных оценок эффективности реализации мер по экономии энергии.

Потребление электроэнергии

Проведен анализ зависимости удельного расхода электроэнергии для разных функционально-типологических групп объектов от двух факторов: удельной мощности систем освещения ($\text{Вт}/\text{м}^2$) и наличия датчиков движения и освещенности (искусственная переменная, принимающая значения 0 или 1) на основе данных ГИС «Энергоэффективность» за 2018 год. На основе проведенного анализа можно сделать вывод: адекватность и полнота информации, имеющейся в ГИС «Энергоэффективность», совершенно недостаточны для анализа эффективности реализации мер по экономии электроэнергии. Это существенно ограничивает отбор факторов для анализа, а отсутствие фильтров на достоверность заполнения исходных данных не позволяет считать достаточно надежной даже информацию по тем факторам, которые потенциально можно вычлени-

ть. Тем не менее по отдельным функционально-типологическим группам объектов удалось провести регрессионный анализ эффективности реализации мер в части повышения эффективности систем освещения. Обобщая результаты регрессионного анализа влияния отдельных факторов на эффективность систем электропотребления, можно сформулировать следующие выводы (табл. 2):

- Для подавляющей части функционально-типологических групп объектов знаки перед фактором удельной мощности систем освещения адекватно отражают их ожидаемое влияние:
 - снижение удельной мощности за счет замены источников света на более эффективные приводит к снижению удельных расходов электроэнергии в целом;
 - для большинства функционально-типологических групп объектов этот фактор был статистически значимым;
 - для большей части функционально-типологических групп объектов

Таблица 2 Анализ влияния отдельных факторов на эффективность систем электропотребления разных функционально-типологических групп объектов*

Функционально-типологические группы объектов	Факторы		Среднее значение удельного показателя электропотребления, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$	Эффект от снижения мощности системы освещения, %		Эффект от установки датчиков, %	Средняя мощность систем освещения, $\text{Вт}/\text{м}^2$
	Удельная мощность систем освещения, $\text{Вт}/\text{м}^2$	Датчики движения и освещенности, 0/1		на 1 $\text{Вт}/\text{м}^2$	на 50 %		
ДОУ	0,034	-5,666	43,73	0,1	0,5	-13,0	12,10
<i>t-статистика</i>	2,795	-1,633					
Общеобразовательные учреждения	0,098	0,761	23,90	0,4	1,7	3,2	8,30
<i>t-статистика</i>	3,323	0,674					
Вузы	-0,489	3,598	29,80	-1,6	-7,0	12,1	8,52
<i>t-статистика</i>	-0,649	0,176					
Школы искусств	0,184	-14,949	18,67	1,0	5,9	-80,1	12,00
<i>t-статистика</i>	0,973	-0,877					
Музыкальные школы	0,938	-3,441	17,78	5,3	26,8	-19,4	10,16
<i>t-статистика</i>	6,165	-0,386					
ДЮСШ	0,723	21,871	52,80	1,4	5,4	41,4	7,85
<i>t-статистика</i>	1,839	1,497					
Больницы	0,024	9,651	83,00	0,0	0,2	11,6	12,22
<i>t-статистика</i>	1,874	0,922					
Лечебные учреждения стационаром	0,690	-24,283	86,35	0,8	4,7	-28,1	11,74
<i>t-статистика</i>	1,524	-0,982					
Поликлиники	0,580	16,027	61,20	0,9	5,9	26,2	12,50
<i>t-статистика</i>	5,394	2,421					
Аптеки, молочные кухни и др.	0,809	-39,448	81,05	1,0	6,0	-48,7	11,99

* Центр энергоэффективности – XXI век (ЦЭНЭФ-XXI). Разработка методологии расчета сокращения объема выбросов парниковых газов по итогам инвестиций в энергоэффективность в жилищном секторе в России. Выполнено по контракту с IFC. Проект по стимулированию инвестиций в энергоэффективность в жилищном секторе в России. Москва, июнь 2018 г.

знак перед фактором наличия датчиков движения и освещенности оказался отрицательным, то есть их наличие снижает удельное потребление электроэнергии. Однако ни для одной из функционально-типологических групп объектов этот фактор не является статистически значимым. Так как в ГИС «Энергоэффективность» отражается только наличие или отсутствие датчиков, но не степень охвата ими источников света, этот результат можно отнести к ожидаемым.

• Обобщенные количественные оценки влияния отдельных факторов выглядят следующим образом:

- снижение удельной мощности системы освещения на 1 Вт/м² за счет повышения доли эффективных источников света позволяет получить экономию на суммарном потреблении электроэнергии в среднем (по всем функционально-типологическим группам объектов, для которых этот фактор оказался статистически значимым) в размере 0,49 кВт•ч/м²;
- разброс значений вокруг этой средней величины зависит от доли освещения в суммарном потреблении электроэнергии. Наиболее высокие значения этого показателя получены для административных зданий (0,7 кВт•ч/м²), музеев, театров и кинотеатров (более 1 кВт•ч/м²), открытых спортивных сооружений, аптек и музыкальных школ (0,87–1,00 кВт•ч/м²);
- снижение средней удельной мощности систем освещения на 50 % за счет повышения их энергоэффективности дает экономию (среднюю по всем функционально-типологическим группам объектов) в размере 8,2 % от суммарного электропотребления;
- установка датчиков освещенности или движения дает в среднем (по тем функционально-типологическим группам объектов, для которых знак зависимости оказался адекватным) экономию в размере 17,6 кВт•ч/м², или 31,5 % от среднего уровня электропотребления. Если убрать самое высокое значение, полученное для аптек и мо-

Таблица 2 (окончание)

Функционально-типологические группы объектов	Факторы		Среднее значение удельного показателя электропотребления, кВт•ч/м ² /год	Эффект от снижения мощности системы освещения, %		Эффект от установки датчиков, %	Средняя мощность систем освещения, Вт/м ²
	Удельная мощность систем освещения, Вт/м ²	Датчики движения и освещенности, 0/1		на 1 Вт/м ²	на 50 %		
<i>t-статистика</i>	2,715	-0,609					
Фельдшерско-акушерские пункты	0,350		6,22	5,6	15,7		5,58
<i>t-статистика</i>	0,730						
Крытые спортивные сооружения	0,550	12,772	34,30	1,6	5,2	37,2	6,48
<i>t-статистика</i>	4,063	3,213					
Открытые спортивные сооружения	0,930	24,69	51,20	1,8	7,6	48,2	8,35
<i>t-статистика</i>	2,533	1,759					
Бассейны и водно-спортивные комплексы	0,228	5,102	104,70	0,2	0,6	4,9	5,78
<i>t-статистика</i>	0,368	0,488					
Клубы	0,312	5,112	15,43	2,0	7,5	33,1	7,40
<i>t-статистика</i>	3,254	0,738					
Музеи и выставки	1,004	-3,810	31,34	3,2	19,7	-12,2	12,30
<i>t-статистика</i>	3,935	-0,179					
Театры и кинотеатры	1,095	-0,822	43,72	2,5	12,6	-1,9	10,10
<i>t-статистика</i>	3,913	-0,112					
Административные здания	0,705	13,492	75,30	0,9	6,0	17,9	12,80
<i>t-статистика</i>	15,200	2,743					
Библиотеки (читальные залы, медиатеки)	0,149	6,027	21,90	0,7	5,3	27,5	15,70
<i>t-статистика</i>	2,965	1,234					
НИИ, проектные и конструкторские организации	1,082	-4,925	71,00	1,5	8,6	-6,9	11,30
<i>t-статистика</i>	2,251	-0,203					
Органы социального обеспечения и центры занятости	0,388	-4,215	55,60	0,7	4,7	-7,6	13,40
<i>t-статистика</i>	5,790	-0,314					

* Серым цветом обозначены коэффициенты регрессионных уравнений, для которых не подтвердилась гипотеза об их статистической значимости. Розовым цветом обозначены коэффициенты регрессионных уравнений, для которых знаки не соответствуют ожидаемому влиянию всех соответствующих факторов.

Источник: Оценки ЦЭНЭФ-XXI на основе данных ГИС «Энергоэффективность» за 2018 год.

лочных кухонь, то получится соответственно 12 кВт•ч/м², или 28 %. Однако этот результат не является статистически значимым;

- тем не менее можно с довольно высокой степенью уверенности утверждать, что только за счет этих мер по повышению эффективности систем освещения можно в среднем по всем объектам обеспе-

чить экономию электроэнергии в размере около 10 % от ее суммарного потребления.

Однако во многих случаях ограничение комплекса мер только мерами по повышению энергоэффективности систем освещения может оказаться недостаточным для достижения более значимых целевых уровней экономии электрической энергии. ■