

## К ПОСТРОЕНИЮ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕГИОНАЛЬНОГО КОММУНАЛЬНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Построение регрессионных моделей – один из важных этапов исследования сложных социально-экономических процессов, способствующий выявлению существенных связей между характеризующими эти процессы показателями. Кроме непосредственного практического применения в задачах прогнозирования, полученные результаты могут быть полезными для разработки иных эконометрических моделей. В данной работе эти вопросы рассматриваются применительно к коммунальному энергоснабжению в регионе – по статистическим данным Ивановской области.

Развитие жилищно-коммунального комплекса, создающего необходимые условия для жизнедеятельности человека, является одним из важнейших направлений социально-экономических преобразований в стране. Надо признать, что уровень развития жилищной сферы не вполне соответствует предъявляемым требованиям, возложенные на нее задачи выполняются далеко не в полной мере, что в значительной степени влияет на качество жизни населения. В связи с этим реформа жилищно-коммунального хозяйства становится одной из самых острых экономических и социальных проблем современной России, что предопределяет актуальность исследований в этой области, в частности, и применения экономико-математических методов, совершенствования и развития самих этих методов. Следует отметить, что сложная многоуровневая структура жилищно-коммунального комплекса (ЖКК), возможно, потребует сочетания существенно различных методов исследования – от классических задач оптимизации до имитационного моделирования.

Построение эконометрических моделей функционирования ЖКК является одним из этапов изучения имеющихся проблем. В частности, регрессионные модели могут содействовать выявлению основных факторов, способствующих или препятствующих повышению эффективности деятельности ЖКК. Что касается рассматриваемых в данной работе вопросов регионального энергоснабжения, речь может идти об обосновании тарифов, определении наиболее перспективных направлений в энергосбережении, снижении потерь и затрат на производство тепловой и электрической энергии и т.п. Одновременно может быть затронут вопрос и о значимости для ЖКК особенностей состояния и перспектив развития региональной экономики в целом.

Адекватные регрессионные модели могут, по нашему мнению, быть использованы и при применении других математических методов, особенно в тех случаях, когда по существу учитывается вероятностный характер определенной части процессов, протекающих в ЖКК, таких, как теории массового обслуживания, теории игр. Особо отметим, что заметное место в исследованиях проблем ЖКК уделяется оценке эффективности функционирования жилищно-коммунального комплекса. Вообще возможны два подхода к оценке эффективности экономической деятельности. Во-первых, построение оценок эффективности на основе соотношения затраты – результат. Вполне и безусловно обоснованный, этот подход может быть дополнен оценкой степени близости результата к наилучшему (в данных условиях). Некоторая ограниченность первого варианта особенно выпукло проявляется при построении общей оценки функционирования системы взаимодействующих экономических единиц; наиболее простым – и при этом здесь чуть ли не единственно возможным и одновременно мало удовлетворительным с идейной точки зрения – является построение различного рода интегральных показателей. Особую остроту эта проблема приобретает при изучении взаимодействующих систем. Представляется, что в случае ЖКК – совокупности нескольких подсистем, каждая со своим специфическим по свойствам набором элементов – именно граничные методы могут если не заменить, то, по крайней мере, способствовать построению интегральных показателей и, что является более важным, оцениванию взаимного влияния эффективности отдельных подсистем друг на друга (ранее эти вопросы затрагивались в работе [1]). В контексте текущего обсуждения необходимо отметить, не вдаваясь в подробности собственно граничных методов, что исследование регрессионных моделей и в теоретическом, и в практическом отношении здесь может быть полезным, по крайней мере, как основа для сравнения получаемых результатов. В частности, получаемая посредством граничных методов<sup>1</sup> «граница эффективности» по способу определения обладает свойствами, сходными со свойствами производственных функций (например, выполняется закон убывающей эффективности). Не все из часто рассматриваемых вариантов регрессионных моделей (линейная, лог-линейная, логарифмическая и т.д.) имеют те же свойства.

Целью данной работы было выявление факторов, влияющих на количество отпущенной тепловой энергии населению и предприятиям Ивановской области, а также на расходы, связанные с производством тепловой энергии.

В качестве исходной статистической базы были взяты данные Территориального Органа Федеральной Службы Государственной Статистики по Ивановской области по тридцати шести территориальным единицам Ивановской области за 2011 год.

---

<sup>1</sup> более точно, в т.н. непараметрических методах – при предположении произвольной отдачи от масштаба и в стохастических методах – в зависимости от исходных предположений

Следует отметить, что в Ивановской области в сумме более половины тепловой энергии отпускается населению (44%) и бюджетным организациям (8%), а на производственные нужды предприятиям – около 20%.

Проведенный анализ показал, что количество произведенной тепловой энергии фактически полностью, как и следовало ожидать, определяется количеством топлива для ее производства, причем эта зависимость практически линейная. Для модели:

$$y = a_0 + a_1x + \varepsilon,$$

где  $y$  – количество произведенной тепловой энергии (гкал),  $x$  – количество топлива (в единицах условного топлива),  $\varepsilon$  – случайная компонента, получено: коэффициент детерминации  $R^2 = 0,999$ , при уровне значимости не более 0,025.

В регионе для производства тепловой энергии используется три вида топлива: твердое, газообразное и жидкое, первые два – в сопоставимых объемах, в сумме пересчете на единицы условного топлива – более 90%. Удовлетворительного результата по множественной регрессии с этими переменными получить не удалось. Однако расчеты т.н. граничной эффективности показали, что в наименее эффективных (несколько округляя, с наибольшими удельными затратами на производство тепловой энергии) территориальных единицах, газовое топливо практически не использовалось.

В ходе дальнейшего исследования была сделана попытка выявить факторы, влияющие на расход топлива для производства тепловой энергии [2], а также определить наиболее адекватную форму отображения такого воздействия.

В данной работе рассматривались четыре формы регрессионных моделей:

- линейная:  $y = \alpha_0 + \alpha_1x_1 + \dots + \alpha_mx_m + \varepsilon$ ;
- лог-линейная:  $\ln y = \alpha_0 + \alpha_1x + \dots + \alpha_mx_m + \varepsilon$ ;
- логарифмическая:  $\ln y = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \dots + \alpha_m \ln x_m + \varepsilon$ ,
- полулогарифмическая:  $y = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \dots + \alpha_m \ln x_m + \varepsilon$ ,

В качестве результирующей переменной  $y$  выступает количество расходуемого на производство тепловой энергии топлива, единиц условного топлива.

В качестве объясняющих переменных (факторных признаков)  $x_1, x_2, \dots, x_m$  были выделены пять показателей:

- $x_1$  – протяженность сетей в двухтрубном исчислении, км.;
- $x_2$  – протяженность сетей, нуждающихся в замене, км.;
- $x_3$  – суммарная мощность источников теплоснабжения, гкал/час;
- $x_4$  – площадь помещений в рассматриваемых территориальных единицах Ивановской области, тыс.м<sup>2</sup>.;
- $x_5$  – число проживающих в рассматриваемых территориальных единицах Ивановской области, тыс.чел.

В таблице 1 представлены лучшие соотношению значению коэффициента детерминации ( $R^2$ ),  $F$ -значимости ( $sig F$ ) и  $t$ -значимости ( $sig t$ ) регрессионные модели [3].

**Таблица 1**

**Сравнительный анализ регрессионных моделей расхода топлива в Ивановской области**

№ п/п	Вид регрессионной модели	Оценки параметров	$sig t$	$R^2$	$sig F$
1	$y = \alpha_0 + \alpha_1x_2 + \alpha_2x_3 + \alpha_3x_5$	$\alpha_0 = -1427$ $\alpha_1 = 794,4$ $\alpha_2 = 132,7$ $\alpha_3 = 215,8$	0,46 $3 \cdot 10^{-5}$ $8 \cdot 10^{-9}$ 0,01	0,998	$7 \cdot 10^{-45}$
2	$y = \alpha_0 + \alpha_1x_2 + \alpha_2x_3$	$\alpha_0 = 92,3$ $\alpha_1 = 758,2$ $\alpha_2 = 169,5$	0,96 $2 \cdot 10^{-4}$ $6 \cdot 10^{-16}$	0,998	$2 \cdot 10^{-45}$

По результатам анализа можно сделать вывод, что наиболее значимыми параметрами, влияющими на расход топлива для производства тепловой энергии, являются протяженность сетей, нуждающихся в замене и суммарная мощность источников теплоснабжения. Третий параметр (число проживающих) фактически не улучшает двухфакторную модель.

Анализ данных моделей дает ожидаемую зависимость расхода топлива от мощности источников теплоснабжения, однако не показывает ожидаемой зависимости от площади помещений в рассматриваемых территориальных единицах Ивановской области. Интересна и логически объяснима зависимость расхода топлива от протяженности сетей, нуждающихся в замене, т.к. именно этот показатель является одной из причин неэффективности использования имеющихся в распоряжении ресурсов из-за потерь, которые могут возникать на данных участках сетей.

Также интересна зависимость расхода топлива от численности населения, проживающих в рассматриваемых территориальных единицах Ивановской области. И хотя адекватность полученных результатов желательно подтвердить дополнительной проверкой за более долгий период времени, этот результат, по-видимому, должен быть учтен при формировании тарифов на оплату тепловой энергии.

Очевидный интерес представляет и зависимость объема отпускаемой населению тепловой энергии от структуры жилого фонда. Среди нескольких исследовавшихся зависимостей наибольший интерес, на наш взгляд, представляет следующий результат. Линейная регрессия

$$z = \alpha_0 + \alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2$$

где:  $z$  – объем отпущенной населению тепловой энергии, гкал;

$v_1$  – площадь, оборудованная отоплением, тыс.кв.м;

$v_2$  – площадь, оборудованная газоснабжением (сетевым или сжиженным), тыс.кв.м –

является значимой при уровне значимости менее 0,01; (как и следовало ожидать коэффициент  $\alpha_2$  – отрицательный, при этом  $|\alpha_2| \approx \alpha_1$  и  $t$ -статистики также примерно равны). При этом парные коэффициенты корреляции между  $z$  и  $v_1$ ,  $v_2$ , а также другими структурными характеристиками жилого фонда (в том числе обеспеченность горячим водоснабжением) равны практически нулю (не более 0,1 во всех случаях).

Проведенный в работе анализ может быть, во-первых, использован для более глубокого исследования факторов, влияющих на расход топлива для производства тепловой энергии и, соответственно, для формирования тарифов на данную энергию, а также при разработке и анализе более сложных эконометрических моделей функционирования регионального энергоснабжения. Результаты решения этой частной задачи в сфере ЖКХ могут быть использованы при разработке подходов к решению поставленных жизнью проблем в данной сфере.