

Факторный анализ энергопотребления промышленными предприятиями регионов с различной отраслевой структурой



А. А. Тупикина,
ст. преподаватель
tupikina@corp.nstu.ru



С. С. Чернов,
к. э. н., доцент, зав. кафедрой
chernov@corp.nstu.ru

**Кафедра производственного менеджмента и экономики энергетики,
Новосибирский государственный технический университет**

В процессе планирования и разработки программ по повышению энергоэффективности большое значение имеет учет факторов, оказывающих влияние на энергопотребление. В статье приведены результаты анализа факторов, влияющих на энергопотребление промышленных предприятий двух регионов с различной отраслевой структурой промышленности. В качестве объекта с дифференцированной структурой промышленности выступает Новосибирская область; регион с однородной структурой представлен Кемеровской областью. Исследование выполнено на основании официальных статистических данных с применением методов корреляционного, регрессионного и детерминированного факторного анализа. Рассмотрены наиболее значимые факторы, оказывающие влияние на энергопотребление промышленности, определен характер их влияния для выбранных объектов, составлены факторные модели, описывающие зависимость энергопотребления от выделенных факторов. Выявлены различия в действии отдельных факторов на потребление в зависимости от типа региона, определены общие тенденции во влиянии исследуемых факторов. Намечены возможности применения результатов анализа при разработке мероприятий по повышению энергоэффективности в промышленности с ориентацией на факторы, воздействие на которые возможно и целесообразно.

Ключевые слова: энергосбережение, повышение энергетической эффективности, потребление топливно-энергетических ресурсов, факторный анализ.

Постановка проблемы

Повышение энергетической эффективности российской экономики является одним из ключевых факторов развития экономики страны. Анализ показателей энергоэффективности российской экономики [1] показывает, что одной из наиболее перспективных с данной точки зрения сфер экономической деятельности является промышленность, чья привлекательность обусловлена существенной долей в общем потенциале энергосбережения страны (более трети сосредоточено в энергетике и еще четверть — в промышленности), а также тем фактом, что более 40% конечного потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) приходится на промышленные предприятия.

Среди положительных эффектов для экономики страны в целом следует отметить также, что в рамках реализации проектов по повышению энергоэффектив-

ности на промышленных предприятиях наиболее часто включаются мероприятия по замене и модернизации оборудования и технологий, что является основой для перехода российской экономики на более высокий технологический уровень, а также толчком для внедрения и развития инновационных технологий в промышленности.

Перечисленные причины обуславливают выбор промышленных предприятий в качестве объекта исследования.

При разработке мероприятий по повышению энергоэффективности большое значение имеет учет факторов, оказывающих влияние на энергопотребление.

Выявление данных факторов и определение характера их влияния представляет интерес в том числе и как инструмент управления потреблением. Факторный анализ может применяться как инструмент при решении следующих задач:

- определение причин изменений в энергопотреблении;
- прогнозирование энергопотребления с учетом изменений внешней среды или внутренних факторов работы предприятия;
- планирование и прогнозирование эффектов, полученных в результате мероприятий по повышению энергетической эффективности;
- устранение влияния различных факторов на энергопотребление с целью сравнения величин энергопотребления за разные периоды.

Многоцелевое использование факторного анализа обуславливает интерес к данному инструменту среди исследователей.

В настоящее время наиболее подробными исследованиями факторов, оказывающих влияние на энергопотребление занимаются специалисты Центра по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ) [2, 3]. Данные исследования отличаются многофакторностью моделей энергопотребления (рассматривается порядка 4-6 факторов), дифференциацией по сферам хозяйственной деятельности (имеются исследования потребления ТЭР России в целом, а также сфер промышленности, ЖКХ и транспорта) и по регионам. Однако, при наличии подробных выводов о действии различных факторов на энергопотребление, в опубликованных результатах исследований, как правило, не приводится вид факторных моделей, соответственно, не представляется возможным сделать вывод о том, каким образом было получено значение того или иного фактора и оценено его влияние на потребление.

Также достаточно часто в литературе встречаются факторные модели, представляющие собой модели парной линейной регрессии (например, зависимость между потреблением и температурой или объемом выпуска [4, 5]). Недостатком такого рода модели является отсутствие учета совместного влияния нескольких факторов на потребление.

Целью данной работы является проведение факторного анализа потребления ТЭР промышленными предприятиями регионов с различной отраслевой направленностью, позволяющего оценить влияние различных факторов на предприятия с неодинаковой степенью дифференциации продукции и сделать выводы о наиболее перспективных путях повышения энергетической эффективности промышленности.

Характеристика объектов исследования

В связи с тем, что наибольший интерес в данном исследовании представляет сравнительная оценка влияния факторов на потребление энергоресурсов промышленными предприятиями различной отраслевой направленности, было принято решение рассмотреть регионы, имеющие однородную и дифференцированную структуру промышленности. Таким образом, в качестве объектов исследования выбраны Кемеровская и Новосибирская области.

Характеристики промышленного производства объектов представлены в табл. 1.

Характерной чертой промышленного производства Новосибирской области (НСО) является широкая дифференциация по отраслям, в то время как Кемеровская область имеет достаточно однородную структуру — Кузбасс является регионом с развитой угольной промышленностью.

Немаловажен тот факт, что оба региона характеризуются существенной долей промышленного производства в общем объеме ВРП. Следует отметить, что промышленные предприятия Кузбасса составляют половину ВРП региона, в то время как в НСО данная цифра в 2 раза меньше.

Для упрощения модели при анализе влияния структуры промышленного производства на потребление ТЭР были рассмотрены 3 укрупненных сектора промышленности — добыча полезных ископаемых (НСО — 12,4%, Кузбасс — 54%), обрабатывающая промышленность (НСО — 71,1%; Кузбасс — 42,9%), производство и распределение электроэнергии, газа и воды (НСО — 16,5%; Кузбасс — 3,1%).

В структуре потребления энергоресурсов НСО преобладает природный газ (41,7%). Также весомые доли занимают электрическая (11,4%) и тепловая энергия (26,2%) и уголь (10,3). В Кузбассе в структуре потребления преобладает электрическая энергия (33,6%), уголь и тепловая энергия также имеют значительную долю (13,8 и 8,4% соответственно), а вот доля газа незначительна. Оставшуюся долю занимают различные прочие виды энергоресурсов, в том числе продукты переработки топлива. Таким образом, при расчете средней цены на энергоресурсы по региону было принято решение рассмотреть 4 основных вида — газ, уголь, электрическую и тепловую энергию.

Динамика энергопотребления исследуемых регионов представлена на рис. 1, 2.

Таблица 1
Основные показатели промышленного производства Новосибирской и Кемеровской областей [6]

Показатель	Новосибирская обл.	Кемеровская обл.
Объем промышленного производства, млрд руб. (на 2014 г.)	222,9	375,2
Доля промышленного производства в общем объеме ВРП, %	24,9	50,2
Структура промышленного производства	Производство пищевых продуктов — 22%; производство и распределение э/э, газа и воды — 16,5%; добыча полезных ископаемых — 12,4%; производство машин и оборудования — 10,8%; прочие виды обрабатывающих производств — 38,3%	Добыча полезных ископаемых — 54%; металлургическое производство — 13,8%; химическое производство — 11,3%; производство и распределение э/э, газа и воды — 3,1%; прочие виды обрабатывающих производств — 17,8%

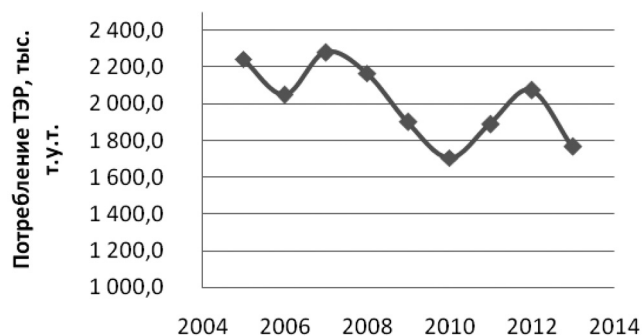


Рис. 1. Динамика потребления ТЭР Новосибирской области

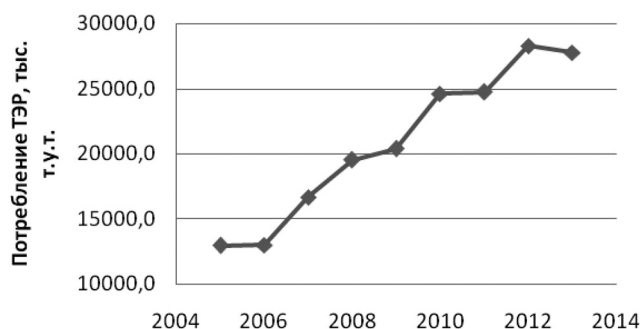


Рис. 2. Динамика потребления ТЭР Кемеровской области

Анализируя динамику потребления ТЭР в Новосибирской и Кемеровской областях, можно выделить следующие основные моменты:

- Энергопотребление в исследуемых регионах имеет противоположные тенденции – в НСО наблюдается постепенное снижение потребления (в среднем, на 10 % в год), в то время как Кузбасс характеризуется ростом потребления практически в 2 раза за последние 9 лет.
- В целом потребление Новосибирской области отличается большей неравномерностью по отношению к общей тенденции. В период с 2010 по 2012 г., а также в 2007 г. наблюдается серьезное повышение энергопотребления.
- Энергопотребление в Кемеровской области существенно превышает потребление НСО. Данный факт обусловлен тем, что в структуре промышленности Кузбасса преобладают энергоемкие отрасли (помимо добывающей промышленности в регионе развита металлургия и химическая промышленность).

Для понимания причин такого рода динамики, а также различий в энергопотреблении необходимо более подробно рассмотреть действие на него различных факторов.

Факторный анализ энергопотребления промышленных предприятий

На основании анализа существующих исследований в области повышения энергоэффективности, а также корреляционного анализа, были выделены следующие факторы, имеющие наиболее значимое влияние на потребление ТЭР:

- x_1 – индекс промышленного производства (%);
- x_2 – степень износа основных производственных фондов (%). Данный фактор представляет собой средневзвешенную оценку степени износа основных фондов по отдельным отраслям и принят в качестве альтернативы фактору «энергоёмкость оборудования» в связи с тем, что он более прост в определении;
- x_3, x_4 – доли добывающих и обрабатывающих отраслей в общем объеме валовой добавленной стоимости промышленности (%), отражающие структуру промышленного производства;

- x_5 – средневзвешенная цена на энергоресурсы в Сибирском Федеральном округе (по четырем основным типам энергоресурсов, руб./т. у. т.);
- x_6 – средняя температура отопительного периода (с сентября по май, °С). В связи с тем, что существенную долю в потреблении занимает тепловая энергия, в том числе и на нужды отопления, средняя температура отопительного сезона рассматривается в качестве одного из факторов.

В качестве источников информации по потреблению ТЭР промышленными предприятиями и значениям рассматриваемых факторов использовались официальные статистические данные за 2005-2013 гг. [6-9], а также единые топливно-энергетические балансы НСО и Кузбасса.

Для оценки степени связи между энергопотреблением и выделенными факторами были оценены парные коэффициенты корреляции, представленные в табл. 2.

Расчеты подтверждают, что между данными факторами и результирующим показателем в большинстве случаев присутствует достаточно устойчивая связь. Исключение составляет структурный фактор в Кемеровской области, имеющий довольно слабое влияние на потребление. Очевидно, это можно связать с достаточно стабильной структурой промышленности. Тем не менее, данный фактор не следует исключать из модели с целью ее проверки на универсальность по отношению к различным регионам.

Интерес представляет также тот факт, что в НСО между потреблением и ценами на ресурсы присутствует вполне объяснимая отрицательная связь, а в Кузбассе же, напротив, данная связь положительная. Можно предположить, что это связано с тем, что Кузбасс является, по сути, производителем и поставщиком энергоресурсов для других регионов.

Для описания зависимостей между энергопотреблением и выделенными факторами, была ис-

Таблица 2
Коэффициенты корреляции между потреблением ТЭР (y) и выделенными факторами (x_i)

Фактор	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
r_{xy} (НСО)	0,32	0,3	0,63	0,4	-0,76	0,49
r_{xy} (Кузбасс)	0,56	-0,45	-0,08	0,2	0,84	0,54

пользована модель множественной линейной регрессии по следующим причинам:

- простота расчета неизвестных параметров модели;
- учет совокупного влияния факторов;
- возможность тиражирования модели на другие промышленные объекты разного масштаба.

Оценка параметров модели производилась с использованием пакета анализа данных Microsoft Excel.

В результате анализа были получены модели зависимости потребления ТЭР от набора факторов для Новосибирской (1) и Кемеровской (2) областей:

$$y = -2342,25 + 29,03 x_1 + 47,02 x_2 + 151,04 x_3 - 45,04 x_4 + 0,15 x_5 + 18,4 x_6, \quad (1)$$

$$y = -114089,325 + 316,73 x_1 + 592,94 x_2 + 403,57 x_3 + 899,73 x_4 + 9,19 x_5 - 301,86 x_6. \quad (2)$$

Коэффициенты детерминации (R^2) уравнений регрессии равны соответственно 0,89 для НСО и 0,91 для Кузбасса, что позволяет сделать предположение о том, что модели адекватно описывают исходные данные.

Интерпретация результатов факторного анализа

Полученные здесь модели позволяют оценить вклад различных факторов в динамику энергопотребления промышленных предприятий выбранных для анализа регионов. Оценка вклада каждого фактора производилась при закреплении значений остальных факторов на уровне 2005 г. Для большей наглядности, вклад исследуемых факторов изображен на рис. 3, 4.

Анализируя данные изображения можно сделать вывод, что в Новосибирской области наибольший вклад в изменение объема потребления ТЭР вносит износ основных фондов, несмотря на незначительные колебания данного фактора за последние 10 лет. Что касается Кузбасса, то вклад износа основных фондов в энергопотребление можно оценить как незначительный, что является неожиданностью, так как в данном регионе преобладают энергоемкие промышленные предприятия. Данный факт можно объяснить тем, что

степень износа основных фондов предприятий Кузбасса, равно как и НСО, колеблется незначительно, однако при примерно равном среднем значении износа за рассматриваемый промежуток времени (46,2% для НСО и 45,7% для Кузбасса), потребление в Кемеровской области в разы превышает Новосибирскую.

Следует также отметить, что в исследуемых регионах износ основных фондов значительно снизился в 2006 г. по сравнению с 2005 г., что повлияло на потребление ТЭР в сторону уменьшения (в Кузбассе в данный период наблюдалось наибольшее влияние износа). Исходя из этого, можно сделать вывод, что наиболее перспективными мероприятиями по повышению энергоэффективности промышленности являются мероприятия, направленные на обновление производственных фондов.

Взаимозависимость факторов структуры промышленного производства отражается на диаграммах разнонаправленным влиянием данных факторов на потребление. В Новосибирской области наибольший вес структурные факторы имели в 2007-2008 гг., что можно связать с кризисными явлениями данного периода. В Кемеровской области влияние структурных факторов достаточно равномерное, что, как уже было сказано, можно связать с достаточно стабильной и однородной структурой промышленности.

Кризисными явлениями в экономике страны можно объяснить и снижение темпов роста промышленного производства в обеих областях в 2008-2009 гг., приводящее к снижению энергопотребления.

Температурный фактор оказывает в исследуемых регионах достаточно слабое влияние на потребление, однако, при планировании мероприятий по повышению эффективности использования тепловой энергии данный фактор не следует упускать из вида. В НСО наиболее существенное влияние температуры на энергопотребление наблюдалось в 2007 г., в Кузбассе же следует выделить 2013 г., где снижение потребления возникло в результате достаточно высокой средней температуры отопительного периода (около $-1,4^{\circ}\text{C}$).

Самым неоднозначным по влиянию на потребление предприятий НСО является фактор роста цен на энергоресурсы. Расчет коэффициентов корреляции (табл. 2) показал достаточно сильную отрицательную зависимость между потреблением и данным фактором. Тем не менее, оценки, полученные по построенной мо-

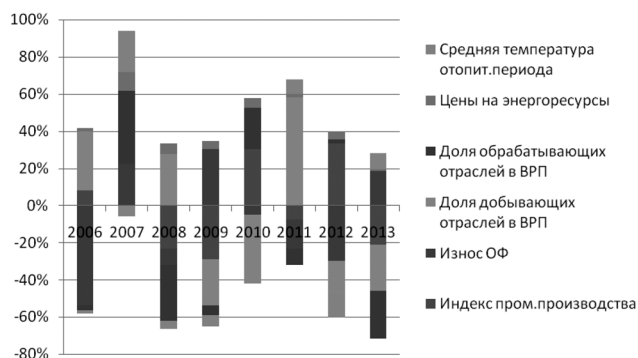


Рис. 3. Вклад факторов в динамику потребления ТЭР промышленностью НСО, %

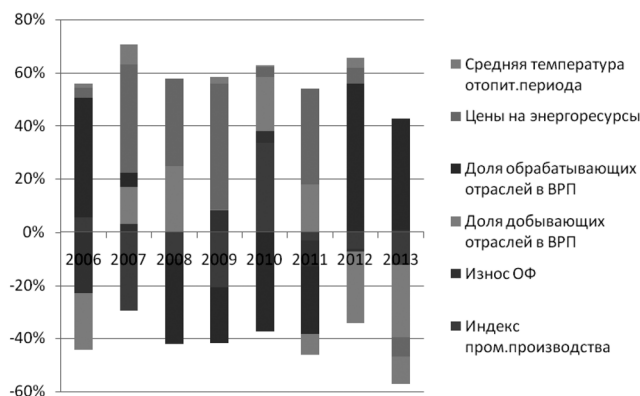


Рис. 4. Вклад факторов в динамику потребления ТЭР промышленностью Кузбасса, %

дели не подтверждают данное положение. Возможно, имеет место взаимное с каким-либо из факторов. Что касается Кузбасса, то полученная модель подтверждает положительную зависимость между ценами на энергоресурсы в регионе и объемом потребления. Более того, на протяжении всего исследуемого периода, ценовой фактор вносит наиболее значимый вклад в изменение потребления в Кемеровской области, что еще раз подтверждает предположение, что данная зависимость вероятнее всего обусловлена статусом региона как поставщика энергоресурсов.

Заключение

Таким образом, на основании анализа существующих исследований в области повышения энергоэффективности с использованием официальных статистических данных был проведен факторный анализ потребления ТЭР промышленными предприятиями Новосибирской и Кемеровской областей, выбранных в качестве регионов, имеющих различную отраслевую структуру промышленности. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что влияние одних и тех же факторов на данные объекты неодинаково. Значение имеет степень отраслевой дифференциации, структура потребления энергоресурсов, а также статус региона (в данном случае, большую роль играет статус Кузбасса как поставщика энергоресурсов). Однако, несмотря на различное влияние выбранных факторов на потребление ТЭР в исследуемых регионах, модели, полученные по одинаковому набору факторов обеих случаях достаточно хорошо описывают исходные данные.

Отсюда следует сделать вывод, что аналогичная модель может быть применена на различных объектах промышленности, в том числе и разного масштаба (вплоть до конкретного предприятия). Простота определения неизвестных параметров модели позволяет дополнять ее новыми факторами в зависимости от целей анализа; при внесении соответствующих изменений имеется возможность использовать данную модель для отдельных видов энергоресурсов.

Дальнейшее развитие данного исследования заключается в апробации полученной факторной модели в масштабах отдельного промышленного предприятия (с модификацией состава факторов) с целью рассмотрения возможностей применения данной методики в процессе определения экономики ТЭР, возникшей в результате мероприятий по повышению энергоэффективности.

* * *

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ научного проекта № 16-12-54003.

Список использованных источников

1. А. А. Тупикина. Энергетическая эффективность Российской экономики: динамика показателей по ключевым секторам // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2015. № 2. С. 219-223.
2. И. А. Башмаков, А. Д. Мышак. Российская система учета повышения энергоэффективности и экономии энергии. М., 2012. – 81 с.
3. И. А. Башмаков. Анализ динамики энергоемкости валового регионального продукта города Москвы за период 2000-2009 гг. ЦЭНЭФ. <http://www.cenef.ru/file/FMoscow.pdf>.
4. Т. И. Поликарпова, Т. П. Рубан. Оценка и пути совершенствования системы планирования потребления электроэнергии // Вестник КрасГАУ. Красноярск, 2012. Вып. 6. С. 3-8.
5. С. С. Чернов. Прогноз энергоемкости ВВП России на 2020 и 2030 гг. // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2014. № 3. С. 93-97.
6. Регионы России. Социально-экономические показатели. М.: Федеральная служба государственной статистики, 2016. – 1326 с.
7. Промышленность России. М.: Федеральная служба государственной статистики, 2014.
8. Статистика погоды Новосибирской области. Статистика городов России. https://www.atlas-yakutia.ru/weather/stat_weather_296340.php.
9. Статистика погоды Кемеровской области. Статистика городов России. https://www.atlas-yakutia.ru/weather/stat_weather_296420.php.

Factor analysis of energy consumption of industrial enterprises of the Regions with different sectoral structure

A. A. Tupikina, senior lecturer.

S. S. Chernov, candidate of economic sciences, associate professor, head of department.

(Department of production management and economy of power, Novosibirsk state technical university)

In the process of planning and development of energy efficiency programs is very important consideration factors that influence energy consumption. The results of the analysis of the factors influencing the power consumption of the industrial enterprises of the two regions with different sectoral structure of industry presented in the article. As the object of a differentiated industry structure stands Novosibirsk region; with a homogeneous structure – Kemerovo region. The study was performed on the basis of official statistics using correlation methods, regression methods and deterministic factor analysis. It is considered the most significant factors affecting the energy industry, defined the nature of their influence on selected objects, made up of factor models that describe the energy dependence of the selected factors. Differences in the action of the individual factors on consumption, depending on the type of the region, the general trends identified in the influence of the studied factors were identified. Possibilities of application of analysis results in the development of energy efficiency measures in the industry with a focus on the factors that impact on the possible and appropriate.

Keywords: energy saving, energy efficiency, the consumption of fuel and energy resources, factor analysis.