

П.В. Дружинин, А.П. Щербак, С.В. Тищков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОНОМИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫХ ДВУХФАКТОРНЫХ ФУНКЦИЙ¹

В статье исследуется изменение электроемкости российской экономики в последние 25 лет. Построены уравнения, связывающие потребление электроэнергии с объемом ВВП (для основных отраслей – ВДС) и инвестициями. Выявлено влияние структурных сдвигов и энергопотребления в отдельных секторах, а также модернизации основных отраслей на динамику электроемкости экономики РФ.

Исследование тенденций энергоемкости и причин их изменения, проводившееся для 40 крупнейших экономик мира на основе индекса Дивизиа, показало, что для большинства стран основным фактором в 1995-2007 гг. являлись технологические изменения, а структурные сдвиги были менее важны. Но для Японии, США, Австралии, Тайваня, Мексики и Бразилии более заметным оказалось влияние именно структурных сдвигов. Поскольку в целом в мире энергоэффективность увеличивалась в основном за счет технологических изменений, то чаще исследовалось их влияние на потребление электроэнергии, в частности, сравнивались особенности развитых и развивающихся стран [1-3].

Производство и потребление энергии связано с выбросами в атмосферу парниковых газов, что дополнительно стимулировало исследования в данной области². На материалах США и ЕС анализировалась связь потребления энергии и ВВП, основного капитала, занятости и влияния на окружающую среду [4; 5]. На данных Китая эти исследования были продолжены, и в число важнейших факторов был добавлен уровень урбанизации [6]. Потребление энергии исследовалось также в зависимости от численности населения и структуры экономики, прежде всего, доли промышленности и сферы услуг [7].

В некоторых работах анализировалось изменение потребления электроэнергии на душу населения по данным разных стран [8]. Было показано, что характер связи потребления энергии и ВВП в развивающихся странах зависит от уровня развития страны и что потребление энергии оказывает положительное влияние на экономический рост [9; 10]. Также изучалось влияние таких факторов, как открытость экономики, динамика сырьевых цен, цены нефти, типы жилищ, экспорт электроэнергии и топливно-энергетических ресурсов.

Динамика потребления электроэнергии довольно сильно различается по странам, но было отмечено, что в целом для 25-ти стран ОЭСР за период с 1960 по 2010 г. потребление энергии на душу населения сближалось [11]. Появляется все больше работ, в которых для исследования структуры поставок потребляемой энергии особо выделяется энергия возобновляемых источников. В частности, было показано наличие заметной связи экономического роста и потребления возобновляемой энергии для стран БРИКС [12].

Для РФ и ее регионов использовались аналогичные подходы, которые позволяют определять зависимость потребления электроэнергии от различных факторов и строить прогнозы на несколько лет вперед. Среди факторов наиболее часто выделяют три – динамику производства, изменение тарифов и инвестиции [13]. В то же

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект №15-02-00062а «Исследование факторов, определяющих энергоэффективность российской экономики»).

² Обычно для исследования строились мультипликативные и линейные функции, в частности, аналоги функции STIRPAT.

время появились исследования, в которых акцентируются изменения мезоуровня: рассматривается динамика развития отдельных отраслей и регионов [14-17]. Они, в частности, показали, что рост тарифов на электроэнергию существенно влияет на ее потребление [18; 19].

Методология расчетов. Электроемкость российской экономики заметно менялась в период реформ. Для выявления наиболее значимых факторов ее изменения и возможностей дальнейшего ее снижения был проведен анализ показателей макро- и мезоуровня. Рассматривалось влияние энергопотребления выделенных отраслевых и региональных секторов на электроемкость российской экономики, включая оценку влияния структурных сдвигов³.

В исследовании использованы данные за период 1990-2016 гг. по экономике РФ, основным отраслям (видам деятельности) и регионам, опубликованные Росстата [20-22]. По России в целом рассматривались следующие показатели: потребление электроэнергии, электровооруженность, ВВП и его структура, численность населения, доля городского населения, цены на нефть, численность занятых, производительность труда, инвестиции в целом и по направлениям, основные фонды. По видам деятельности (отраслям) – потребление электроэнергии, электровооруженность, ВДС, численность занятых, производительность труда, инвестиции, основные фонды. Собранные данные приведены к сопоставимому виду: осуществлены пересчет в цены 2008 г. и переход от отраслей к видам деятельности (в 2005 г.).

В ходе экономического анализа были отобраны показатели, позволяющие строить уравнения взаимосвязи экономических характеристик с динамикой электропотребления и электроемкости. Затем были сформированы четыре-пять секторов по каждой из двух поставленных задач: для оценки влияния видов деятельности и регионов на электроемкость экономики РФ. Рассматривалось несколько вариантов выделения секторов.

Для каждого варианта построения секторов определялось влияние изменений электроемкости выделенных секторов и структурных сдвигов на изменение электроемкости экономики в целом⁴:

$$\begin{aligned} \Delta e(t) = & \sum_i Y_i(t-1)/Y(t-1) \cdot [e_i(t) - e_i(t-1)] + \\ & + \sum_i e_i(t) \cdot [Y_i(t-1)/Y(t) - Y_i(t)/Y(t-1)], \end{aligned} \quad (1)$$

где: $e_i(t)$ – электроемкость в год t в секторе i ; $\Delta e(t)$ – прирост электроемкости за год; $Y(t)$ – ВВП в год t ; $Y_i(t)$ – ВДС (ВРП) в год t в секторе i . В формуле первое слагаемое – влияние прироста (снижения) электроемкости в секторах, второе – влияние структурных сдвигов (изменения доли секторов в ВВП).

В данном случае можно, например, оценить влияние модернизации в промышленности и соответственно снижение ее электроемкости на динамику электроемкости экономики РФ в целом. Формула позволяет также определить, как повлияли на электроемкость сокращение доли промышленности и увеличение доли сферы услуг, где электроемкость значительно ниже.

Для исследования влияния различных факторов на потребление электроэнергии в РФ в целом использовались разработанные ранее модели и строились новые⁵. Из предложенных ранее моделей в настоящее время чаще используется мультипликативная функция, которая позволяет оценивать степень влияния отдельных факторов на уровень потребления электроэнергии по временным рядам:

³ В данной статье рассматриваются отраслевые секторы.

⁴ Электроемкость рассчитана по потреблению электроэнергии, ВВП (ВРП или ВДС секторов).

⁵ Для расчетов использовались стандартные статистические пакеты.

$$E(t) = A \cdot N^\alpha(t) \cdot Y^\beta(t) \cdot T^\gamma(t), \quad (2)$$

где $E(t)$ – потребление энергии (потребление электроэнергии); $Y(t)$ – уровень развития экономики (ВВП на душу населения, ВВП); $N(t)$ – население (численность населения, уровень урбанизации, доходы населения, численность занятых и др.); $T(t)$ – технологический уровень (накопленные инвестиции, основные фонды на душу населения, доля промышленности, доля услуг и др.); A , α , β , γ – константы; t – год.

В ходе исследований по отраслевым секторам были выделены два основных фактора (ВДС и инвестиции), и для всех секторов построены двухфакторные функции:

$$E_i(t) = A \cdot Y_i^{\beta_i}(t) \cdot I_i^{\gamma_i}(t), \quad (3)$$

где i – сектор; $E_i(t)$ – потребление электроэнергии сектора i ; $Y_i(t)$ – ВДС отраслевого сектора; $I_i(t)$ – кумулятивные инвестиции сектора i ; A , β_i , γ_i – константы, t – год.

Поскольку динамика потребления электроэнергии стабильна в течение длительных промежутков времени и дважды тенденция резко меняется, то можно использовать сплайн-функцию. В таком случае при выделении двух отрезков внутри периода в каждом из них будут свои параметры:

$$E(t) = A_1 \cdot A_2 \cdot Y_1^{\beta_1}(t) \cdot Y_2^{\beta_2}(t) \cdot I_1^{\gamma_1}(t) \cdot I_2^{\gamma_2}(t), \quad (4)$$

где A_1 равно единице во втором периоде, A_2 равно единице в первом периоде; $Y_1(t)$ равно единице во втором периоде; $Y_2(t)$ равно единице в первом периоде; $I_1(t)$ равно единице во втором периоде; $I_2(t)$ равно единице в первом периоде⁶.

Используя мультипликативные функции, можно оценить влияние секторов и структурных сдвигов на суммарное потребление электроэнергии. В [23] предложены соответствующие формулы, которые позволяют выделить влияние модернизации в секторах и структурных сдвигов посредством темпов изменения факторов, факторные эластичности и доли секторов в потреблении электроэнергии.

Таким образом, оценивалась степень влияния отдельных видов деятельности на электроэффективность развития российской экономики, выделялись секторы, оказывавшие наибольшее влияние, периоды, на которых влияние секторов было относительно стабильно, и годы, когда тенденции менялись. В ходе анализа оценивалась эффективность изменения структуры российской экономики, уточнялось, какие причины приводили к изменению влияния секторов и структурных сдвигов. В итоге были сформированы предложения по использованию разработанных моделей для прогнозирования.

Результаты расчетов. Электроемкость российской экономики значительно менялась в течение последних 25-ти лет, и в разные годы действовали разные факторы (рис. 1). В соответствии с данным графиком были выделены три периода: 1990-1998 гг. (рост электроемкости), 1999-2006 гг. (снижение электроемкости), 2006-2015 гг. (отсутствие тенденций); и по формуле (1) проводились расчеты для определения влияния структурных сдвигов и внутриотраслевых изменений на динамику электроемкости.

За 1990-1998 гг. электроемкость увеличилась примерно на 45%, в первую очередь за счет промышленности (36% прироста) и прочих отраслей (61% прироста). Наиболее жизнеспособными оказались энергоемкие производства, спад в таких отраслях, как металлургия и целлюлозно-бумажная промышленность, был существенно меньше, чем в менее энергоемких отраслях.

⁶ Часть расчетов проводилась по неполной формуле, например, показатель A_2 был равен единице или рассматривались не два ряда ВДС, а один общий и соответственно получался один параметр β .

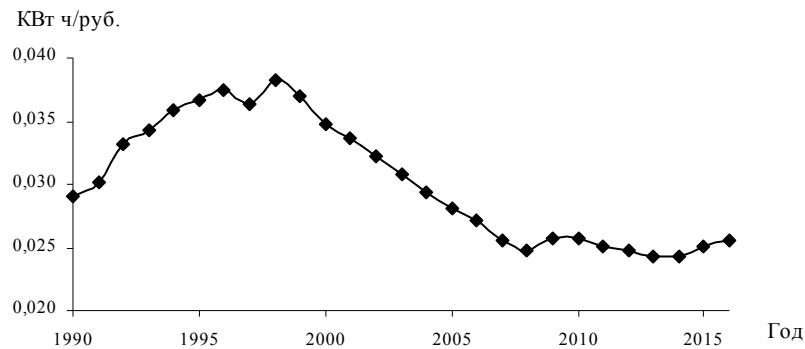


Рис. 1. Динамика электроемкости российской экономики с 1990 г., цены 2008 г.

Влияние транспорта, связи и сельского хозяйства было несущественным. Структурные сдвиги оказывали положительное влияние в первые пять лет (другие отрасли вытесняли промышленность), но затем стала расти доля промышленности, и в целом за период изменения структуры экономики оказало незначительное положительное влияние (прирост электроемкости уменьшился на 1%).

Совсем другие результаты получены для периода экономического роста и снижения электроемкости. В 1999-2005 гг. электроемкость снизилась на четверть, в основном за счет модернизации в промышленности (57% снижения, что примерно соответствует ее доле в потреблении электроэнергии). Также заметное влияние оказали прочие отрасли (40% снижения). Влияние транспорта, связи и сельского хозяйства было невелико и составило 3-6%. Структурные сдвиги оказали отрицательное влияние, замедлив спад электроемкости на 6%, более энергоемкая промышленность вытесняла прочие отрасли.

За 2006-2015 гг. электроемкость российской экономики снизилась на 15%, причем относительно уровня 2008 г. она возросла. Примерно 43% снижения обеспечили структурные сдвиги, прочие отрасли вытесняли промышленность в структуре экономики РФ. Модернизация в прочих отраслях, включая ЖКХ, оказала положительное влияние (52% снижения), значимое влияние оказали транспорт и связь – 14% снижения. В промышленности электроемкость росла с 2006 до 2010 г., затем до 2014 г. снижалась и снова стала расти. Изменения в промышленности приводили к росту электроемкости в экономике РФ, замедлив ее снижение на 12%, видимо, замедление перехода к новым технологиям в отдельных производствах сопровождалось ростом доли наиболее энергоемких отраслей промышленности [14].

В целом с конца 1990-х годов в России существенно возросла эффективность использования энергетических ресурсов в экономике за счет изменения структуры экономики и ее модернизации, но со второй половины 2000-х годов положительные изменения приостановились.

Исследование влияния различных факторов на электропотребление привело к выбору двух из них, потенциально разнонаправленных по своему воздействию и оказавших наибольшее влияние, – это динамика ВВП (ВДС) и кумулятивные инвестиции за пять лет, которые связаны с модернизацией экономики. Расчеты влияния факторов проводились отдельно по выделенным периодам. Они показали, в частности, следующие результаты.

С 1998 г. сформировалась четкая прямая зависимость ВВП и потребления электроэнергии, которая с хорошим приближением может быть описана линейными и мультиплексиативными уравнениями (рис. 2). Существует взаимосвязь динамики производства и потребления электроэнергии в промышленности, но с 2006 г. тенденция заметно измени-

лась (рис. 3). Сравнительный анализ других факторов изменения электроемкости ВВП также показал наличие взаимосвязи, хотя и не такой явной (рис. 4)⁷.

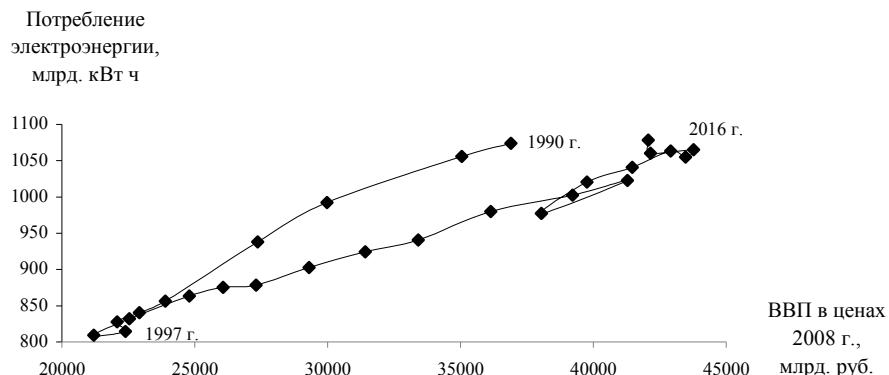


Рис. 2. Зависимость потребления электроэнергии от ВВП РФ

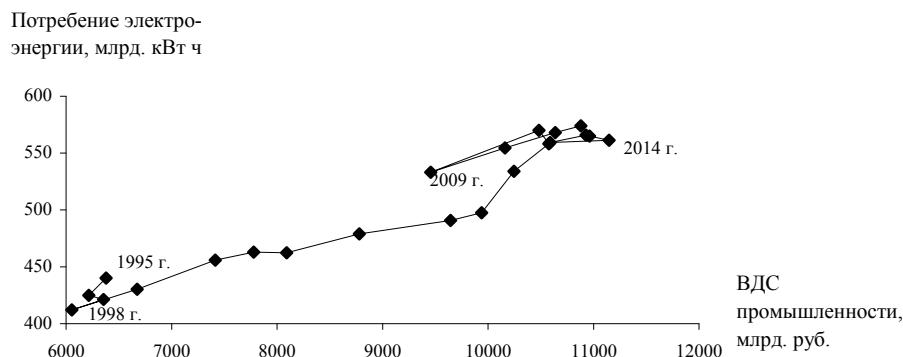


Рис. 3. Зависимость потребления электроэнергии в промышленности от ВДС промышленности

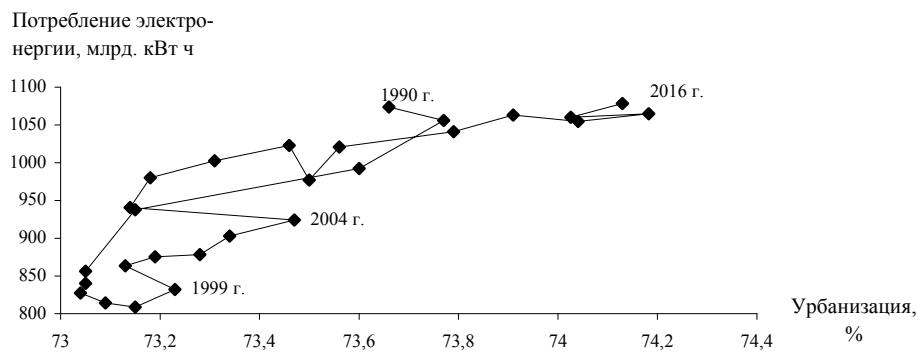


Рис. 4. Зависимость потребления электроэнергии в РФ от уровня урбанизации (доли городского населения)

⁷ Следует отметить, что изменения статистической методики (в данном случае резкое снижение доли городского населения в 2005 г.) часто затрудняют корректное проведение расчетов.

Экономический рост сопровождается увеличением расхода электроэнергии. Из результатов расчетов по формуле (2) на данных за 1998-2015 гг. следует, что прирост ВВП на 1% ведет в среднем к росту электропотребления примерно на 0,37%. Однако для построения прогнозов необходимо учитывать изменения в секторах, влияние других факторов и изменение экономической политики [14].

Расчеты электропотребления в РФ проводились для всех выделенных периодов, но в таблицах приведены результаты расчетов только за два последних периода, начиная с 1998 г. В табл. 1 приведены результаты оценки параметров функции (2) по двум периодам для двух факторов: ВВП и суммарных инвестиций за пять лет. Другие факторы, в том числе – уровень урбанизации, доля отдельных секторов и фондооборуженность – оказались незначимыми. Во втором периоде рост инвестиций понижательно влиял на динамику электропотребления. Это означает, что модернизация на самом деле происходила, и на новом оборудовании сравнительно уменьшалось потребление электроэнергии. В третьем периоде ситуация изменилась на противоположную, как это и показал предварительный анализ данных.

Таблица 1

Параметры функции (2) для РФ за отдельные периоды*

Период	A	β	γ	R^2	F
1998-2005 гг.	3,62 (26,9)	0,34 (19,2)	-0,034 (-1,7)	0,993	374,9
2005-2015 гг.	2,36 (3,2)	0,41 (4,3)	0,023 (0,8)	0,946	69,9

* Здесь и в следующих таблицах в скобках – t -статистика.

Поскольку значения коэффициентов при ВВП достаточно близки и графики показывают возможность построения одной зависимости, то строились сплайн-функции (4), в которых параметры при инвестициях различаются по периодам. В табл. 2 приведены результаты расчетов по данным за 1998-2015 гг. В результате подтверждено влияние модернизации во втором периоде: развитие экономики РФ способствовало росту электропотребления, рост инвестиций – снижению, а в третьем периоде влияние модернизации отсутствует – и рост экономики, и рост инвестиций привели к росту электропотребления.

Таблица 2

Параметры сплайн-функции (4) для РФ

A_1	A_2	β	γ_1	γ_2	R^2	F
36,42 (14,0)	0,414 (-2,5)	0,356 (11,0)	-0,045 (-1,2)	0,042 (2,4)	0,992	394

Расчетные значения объема потребления электроэнергии в РФ, полученные по сплайн-функции, как и по функциям для двух выделенных периодов, близки к фактическим, лишь в кризисном 2009 г. падение было существенно больше расчетного.

По секторам экономики РФ расчеты проводились с включением тех же факторов, как и по экономике в целом, чтобы определить влияние структурных сдвигов на динамику электроемкости. В промышленности РФ есть влияние модернизации во втором периоде, развитие производства ведет к росту электропотребления, рост инвестиций – к снижению (табл. 3). В третьем периоде влияние модернизации отсутствует: рост производства ведет к росту электропотребления, рост инвестиций

также ведет к росту электропотребления. Заметим, что надежность второго уравнения невелика, она несколько выше, если рассматривать период 2006-2015 гг.

Для промышленности также строилась сплайн-функция (табл. 4). Расчеты по ней подтвердили, что во втором периоде инвестиции снижали электроемкость, в третьем – увеличивали, влияние ВДС несколько уменьшилось.

Таблица 3

Параметры функции (3) для промышленности РФ за отдельные периоды

Период	<i>A</i>	β	γ	R^2	<i>F</i>
1998-2005 гг.	10,0 (69,6)	0,43 (18,1)	-0,100 (-3,4)	0,993	373,7
2005-2015 гг.	9,8 (5,6)	0,28 (1,3)	0,087 (1,8)	0,622	6,6

Таблица 4

Параметры сплайн-функции (4) для промышленности РФ

<i>A</i>	β_1	β_2	γ_1	γ_2	R^2	<i>F</i>
10,1 (30,4)	0,416 (9,9)	0,302 (6,5)	-0,076 (-1,5)	0,036 (1,5)	0,988	276,0

Расчеты по сектору «транспорт и связь» показали, что период 1998-2015 гг., может быть описан одной функцией (табл. 5)⁸. В отраслях есть влияние модернизации, развитие производства ведет к росту электропотребления, рост инвестиций – к снижению.

Таблица 5

Параметры функции (3) для транспорта и связи РФ

Период	<i>A</i>	β	γ	R^2	<i>F</i>
1998-2015 гг.	5,41 (5,9)	0,81 (4,1)	-0,06 (-0,8)	0,943	125,1

В сельском хозяйстве произошло наиболее сильное сокращение энергоемкости: почти в два раза. Расчеты по периодам не проводились, поскольку спад инвестиций закончился лишь в 2000-х годах, и зависимость показателей сформировалась позднее. Для расчетов были использованы данные временных рядов 2001-2015 гг. Сильные колебания электропотребления привели к необходимости использовать однородную функцию (табл. 6).

Таблица 6

Параметры функции (3) для сельского хозяйства РФ

Период	<i>A</i>	β	γ	R^2	<i>F</i>
2001-2015 гг.	9,67 (9,9)	0,149 (7,6)	-0,149 (-7,6)	0,777	49,9

Анализ данных и расчеты по прочим отраслям экономики показали, что период 1998-2015 гг., разбивается на два периода несколько иначе, чем для экономики в целом. Тенденции изменились в 2007 г., поэтому рассматривались периоды 1998-2007 гг.

⁸ При расчетах по отдельным периодам один из показателей оказывался незначимым. При построении сплайновых функций или ВДС, или кумулятивные инвестиции были в одном периоде незначимыми. Значения полученных параметров по периодам оказывались очень близкими.

и 2007-2015 гг. (табл. 7). В первом периоде влияние модернизации присутствует: рост инвестиций ведет к снижению электропотребления, во втором – отсутствует.

Таблица 7

Параметры функции (3) для прочих отраслей экономики за отдельные периоды

Период	A	β	γ	R^2	F
1998-2007 гг.	11,7 (8,1)	0,176 (8,9)	-0,076 (-3,3)	0,936	51,2
2007-2015 гг.	5,1 (2,0)	0,543 (1,6)	0,246 (2,0)	0,846	16,5

Для прочих отраслей экономики также строилась сплайн-функция (табл. 8). Полученные значения параметров близки к их значениям по отдельным периодам. Подтверждается, что с 2007 г. изменения в прочих отраслях приводили к росту электроемкости экономики РФ в целом. Также ускорился рост потребления электроэнергии населением.

Таблица 8

Параметры сплайн-функции (4) для прочих отраслей экономики РФ

A_1	A_2	β_1	β_2	γ_1	γ_2	R^2	F
11,5 (23,4)	-6,4 (-3,3)	0,184 (3,9)	0,543 (2,2)	-0,055 (-0,9)	0,246 (2,7)	0,950	45,2

Таким образом, во втором периоде рост инвестиций приводил к снижению электроемкости во всех секторах и экономике РФ в целом, а в третьем периоде положительные изменения электроемкости в этих секторах и в целом по экономике РФ отсутствовали в силу определяющего влияния данных секторов экономики.

Оценки влияния структурных сдвигов на динамику потребления электроэнергии показывают, что в конце 1990-х и начале 2000-х они приводили к росту потребления электроэнергии примерно на 0,6% в год, с середины 2000-х годов – к снижению примерно на 0,5% в год, в начале 2010-х годов – снова к росту, а затем – к снижению.

С использованием построенных функций, которые позволяют рассматривать различные варианты структурной и инвестиционной политики и получать оценки соответствующих уровней потребления электроэнергии в РФ, была разработана методика прогнозирования, основанная на предложенной ранее системе построения прогнозов [24]. Используемые уравнения имеют хорошие статистические характеристики, расчетные значения объемов электропотребления близки к фактическим: на рис. 5 показаны отклонения расчетных значений сплайн-функции (4), построенной для экономики РФ, от фактических; параметры уравнения приведены в табл. 2.

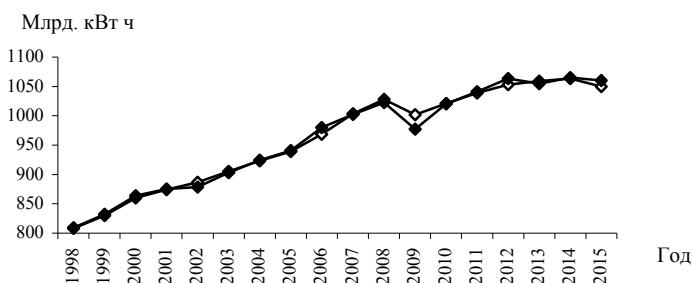


Рис. 5. График отклонений расчетных значений потребления электроэнергии для экономики РФ от фактических для сплайн-функции (4):
–◆– фактические; –◇– расчетные

На основе формул (1-4) были проведены расчеты по данным РФ. Сценарные условия определялись исходя из разных вариантов экономической политики [25; 26]. В соответствии с результатами представленного выше анализа за 1998-2015 гг. были выделены два основных варианта, обусловленных осуществлявшейся в течение рассматриваемого периода политикой. Первый из них связан с возвратом к политике активной модернизации 2000-х годов: росту доли вложений в модернизацию экономики, переходу к новым технологиям, в результате которых электроемкость снижалась. Для второго варианта характерно продолжение политики 2010-х годов, рост вложений в низкоэффективный сырьевый сектор и расширение действующих производств – в результате электроемкость фактически не убывала. Каждый из этих вариантов определяется величиной и динамикой факторных эластичностей (см. табл. 1).

Динамика объемов производства определялась по производственным функциям, также различным для двух периодов, учитывались прогнозы МЭР РФ, в отдельных случаях использована экстраполяция данных Росстата [22]. Производственные функции строились по кумулятивным инвестициям и численности занятых. Каждый из вариантов содержал несколько подвариантов в соответствии с различным распределением инвестиций по секторам (прежде всего, между промышленностью и сферой услуг), направлениям (между модернизацией и новым строительством) и отраслям промышленности, учитывая значительные различия в их электроемкости. При расчетах по экономике РФ в целом, без выделения секторов, влияние структурных сдвигов учитывалось на основе подхода, предложенного в [23].

На основе построенных уравнений проведены прогнозные расчеты потребления электроэнергии до 2027 г.: для экономики РФ в целом – по параметрам из табл. 1; для отраслей – по параметрам из табл. 3, 5-7. Прогнозы макропоказателей МЭР РФ, которые использовались для расчетов, скорректированы в сторону уменьшения: в инерционном варианте ВВП растет на 2,1-2,3% в год до 2020 г., далее – на 2,5-2,7%. Таким образом, при росте ВВП на 15-20% и инвестиций на 40-45% за 2017-2027 гг. растет потребление электроэнергии, и электроемкость снижается на 9-11%. В варианте активной модернизации экономики при стимулировании энергосбережения электроемкость снижается на 15-17%. Если дополнительно рассмотреть вариант инновационного развития, связанного со структурными сдвигами, то электроемкость снижается на 19-21%.

* * *

Результаты исследований показали, что внешние условия и экономическая политика государства определяли направленность изменений электроемкости экономики РФ и потребления электроэнергии. Были выделены три периода: в первом основное влияние на рост электроемкости оказал спад в незнергоемких отраслях обрабатывающей промышленности, во втором – значительное снижение электроемкости произошло за счет модернизации в промышленности, а в третьем влияние промышленности фактически отсутствует, продолжавшаяся модернизация в наиболее энергоемких отраслях не вела к уменьшению электропотребления, кроме того ускорился рост потребления электроэнергии населением. С начала экономического роста все более заметное влияние имела сфера услуг. Структурные сдвиги обычно вели к снижению электроемкости, но их влияние оказалось не так велико, как ожидалось, и в отдельные периоды росла доля прибыльных энергоемких отраслей промышленности, таких как металлургия.

Построенные и верифицированные на данных двух последних десятилетий модели позволили оценить влияние основных факторов. В РФ рост электропотребления определялся динамикой ВВП и в меньшей степени инвестициями, влияние других факторов, в частности численности населения, структуры экономики и уровня урбанизации было существенно меньшим. Модернизация предприятий спо-

составовала снижению электроемкости, но замедление роста инвестиций в модернизацию в последние годы привело к падению темпов роста производительности труда и прекращению снижения электроемкости.

Россия имеет большой потенциал повышения энергоэффективности во всех отраслях экономики, его использование позволит выйти на новый уровень развития, преодолеть зависимость экономики от цен на энергоносители, улучшить социально-экономическое положение страны, повысить уровень и качество жизни населения. Расчеты показали, что ключевой фактор снижения электроемкости – модернизация экономики. Среди необходимых преобразований – организация учета потребления ресурсов и энергии, стимулирующие меры по созданию инвестиционно привлекательных проектов энергосбережения, формирование мотивации к энергосбережению, как покупателей, так и продавцов энергии, развитие стандартизации и конкуренции среди поставщиков и потребителей энергоресурсов.

Литература

1. Hritonenko N., Yatsenko Y. Energy Substitutability and Modernization of Energy-consuming Technologies // *Energy Economics*. 2012. Vol. 34. Pp. 1548-1556.
2. Ruth M., Ozgun O., Wachsmuth J., Gobling-Reisemann S. Dynamics of Energy Transitions under Changing Socioeconomic, Technological and Climate Conditions in Nordwest Germany // *Ecological Economics*. 2015. Vol. 111. Pp. 29-47.
3. Voigt S., Cian E., Schymura M., Verdolini E. Energy Intensity Developments in 40 Major Economies: Structural Change or Technology Improvement? // *Energy Economics*. 2014. Vol. 41. Pp. 47-62.
4. Soytas U., Sari R., Ewing B. Energy Consumption, Income and Carbon Emission in the United States // *Ecological Economics*. 2007. Vol. 62. Pp. 482-489.
5. Soytas U., Sari R. Energy Consumption, Economic Growth and Carbon Emissions: Challenges Faced by an EU Candidate Member // *Ecological Economics*. 2009. Vol. 68. Pp. 1667-1675.
6. Zhang X., Cheng X. Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth in China // *Ecological Economics*. 2009. Vol. 68. Pp. 2706-2712.
7. Poumanyvong P., Kaneko S. Does Urbanization Lead to Less Energy Use and Lower CO₂ Emission? A Cross-country Analysis // *Ecological Economics*. 2010. Vol. 70. Pp. 434-444.
8. Karanfil F., Li Y. Electricity Consumption and Economic Growth: Exploring Panel-specific Differences // *Energy policy*. 2015. Vol. 82. Pp. 264-277.
9. Adhikari D., Chen Y. Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis for Developing Countries // *Review of Economics and Finance*. 2013. №3. Pp. 68-80.
10. Belaid F., Abderrahmani F. Electricity Consumption and Economic Growth in Algeria: A Multivariate Causality Analysis in the Presence of Structural Change // *Energy Policy*. 2013. Vol. 55. Pp. 286-295.
11. Meng M., Payne J., Lee J. Convergence in per Capita Energy Use among OECD Countries // *Energy Economics*. 2013. Vol. 36. Pp. 536-545.
12. Apergis N., Payne J., Menyah K., Wolde-Rufael Y. On the Causal Dynamics between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth // *Ecological Economics*. 2010. Vol. 69(11). Pp. 2255-2260.
13. Слободянник С.Н. Методологические подходы к формированию информационной базы для оценки процессов энергосбережения в российской экономике // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. М.: МАКС Пресс, 2013. С. 430-454.
14. Антонов Н.В., Татевосова Л.И. Динамика электроемкости экономики России в 2006-2007 гг. в поле прогнозирования электропотребления // Проблемы прогнозирования. 2009. № 3. С. 77-91.
15. Баев И.А., Соловьева И.А., Дзюба А.П. Региональные резервы энергоэффективности // Экономика региона. 2013. № 3. С. 180-189.
16. Летягина Е.Н., Салмин С.П. Повышение энергоэффективности российской экономики путем снижения электроемкости // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 2. С. 248-250.
17. Тишков С.В., Щербак А.П. Роль энергоэффективности и энергосбережения в экономическом развитии северных регионов // Промышленная энергетика. № 2. 2016. С. 2-5.
18. Мишура А.В. Оценка эластичности спроса на электроэнергию основных групп производственных потребителей в России // Регион: экономика и социология. 2009. № 2. С. 110-124.
19. Суслов Н.И., Черная Н.В. Анализ колебаний валового регионального продукта и электропотребления в 2005-2014 годах и возможности снижения цен на электроэнергию // Мир экономики и управления. 2016. Т. 16. № 3. С. 5-14.
20. Российский статистический ежегодник. 2015. Стат. сб. М.: Росстат, 2016. 806 с.
21. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2016: Стат. сб. М.: Росстат, 2016. 900 с.
22. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. Режим доступа: <http://gks.ru/>
23. Дружинин П.В. Расчет параметров народнохозяйственных и региональных агрегированных производственных функций // Экономика и математические методы. 1990. Т. 26. Вып. 5. С. 891-896.
24. Дружинин П.В., Шкеперова Г.Т. Эколого-экономические модели и прогнозы в системе регионального управления // Проблемы прогнозирования. 2012. № 1. С. 88-97.
25. Ивантер В.В., Белкина Т.В., Белоусов Д.Р. и др. Восстановление экономического роста в России. Научный доклад ИНП РАН // Проблемы прогнозирования. 2016. № 5. С. 3-17.
26. Суровов Н.В., Борисов В.Н. Методы оценивания вклада обрабатывающих производств в ресурсосберегающее развитие экономики России // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. М.: МАКС Пресс, 2016. С. 176-195.