

ОТРАСЛЕВАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

О. В. Темная¹

Институт экономики естественных монополий / РАНХиГС
(Москва, Россия)

Д. В. Агафонов²

Институт экономики естественных монополий / РАНХиГС
(Москва, Россия)

УДК: 332.1, 338.012, 338.51

doi: 10.55959/MSU0130-0105-6-59-2-7


МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОЕМКОСТИ ВРП ОТ ЦЕНЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ДРУГИХ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ³


Комитет Государственной думы по энергетике в 2020 году выдвинул инициативу повышения инвестиционной привлекательности территорий через снижение стоимости передачи электроэнергии посредством установления единых межрегиональных тарифов на услуги по передаче электроэнергии в смежных субъектах РФ, где они сильно различаются. Однако при положительном эффекте от введения единых межрегиональных тарифов в регионе, где снижается цена электроэнергии, в регионе-доноре, где повышается цена электроэнергии, возникает отрицательный эффект. Для оценки совместного эффекта в регионах, где планируется ввести межрегиональные тарифы на услуги по передаче необходимо выявить взаимосвязь между удельной электроемкостью ВРП и средней ценой электроэнергии в регионе, на которую влияют и другие региональные факторы. В статье исследована зависимость удельной электроемкости ВРП регионов РФ от средней цены электроэнергии для потребителей (кроме населения) с учетом тарифов на ее передачу, а также других региональных факторов. Исследование производилось на основании показателей электропотребления и валового регионального продукта 78 субъектов РФ по годам (2014–2020 гг.) после энергетической реформы. Для исключения влияния масштаба регионов рассчитаны такие показатели, как удельная электроемкость ВРП региона, доля потребления электроэнергии электроемкими отраслями, удельная занятость населения в ВРП региона.

¹ Темная Ольга Валерьевна — директор Центра методологии и судебной экономической экспертизы Института экономики естественных монополий; РАНХиГС; e-mail: temnaya-ov@ganepa.ru, ORCID: 0000-0002-6915-9314.

² Агафонов Дмитрий Валентинович — к.э.н., заместитель директора Центра экономических исследований инфраструктурных отраслей Института экономики естественных монополий; РАНХиГС; e-mail: agafonov-dv@ganepa.ru, ORCID: 0000-0001-7217-2256.

³ Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАНХиГС.

© Темная Ольга Валерьевна, 2024 

© Агафонов Дмитрий Валентинович, 2024 

Для расчета удельной электроемкости ВРП учитывалось суммарное электропотребление по всем видам экономической деятельности (экономическое электропотребление) и не учитывались потери в электросетях и потребление населением. Взвешенным методом наименьших квадратов рассчитаны показатели моделей трехфакторной линейной регрессии удельной электроемкости ВРП от влияющих факторов для каждого года за период с 2014 г. по 2020 г. Частные линейные коэффициенты зависимости удельной электроемкости ВРП от средней одноставочной цены электроэнергии для каждого из семи лет рассматриваемого периода имеют отрицательное значение, что подтверждает гипотезу о том, что удельная электроемкость ВРП выше в регионах, где ниже цена электроэнергии.

Ключевые слова: валовый региональный продукт, экономическое электропотребление, удельная электроемкость ВРП, тариф на услуги по передаче электроэнергии, средняя цена электроэнергии в регионе.

Цитировать статью: Темная, О. В., & Агафонов, Д. В. (2024). Модель зависимости удельной электроемкости ВРП от цены электроэнергии и других влияющих факторов. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*, 59(2), 130–152. <https://doi.org/10.55959/MSU0130-0105-6-59-2-7>.

O. V. Temnaya

Natural monopoly economies Institute / PANEPА (Moscow, Russia)

D. V. Agafonov

Natural monopoly economies Institute / PANEPА (Moscow, Russia)

JEL: L11, L94, R13

NORMALIZED GRP POWER INTENSITY MODEL WITH CORRELATION-FACTOR OF REGIONAL ELECTRICITY AT-MARKET VALUE AND OTHER CRITERIA¹

RF State Duma Committee for Energy launched an initiative to raise investment attractiveness of regions through transmission tariffs decrease by consolidated tariff approval in neighboring regions, having widely different transmission tariffs. However, positive effect in the region with decreased tariff is associated with the negative effect in the region with increased tariff. To make a cumulative effects assessment for regions where transmission consolidated tariff approval is planned, the correlation between GRP power intensity and regional electricity at-market value is to be proved, and other regional criteria expose too. At the state level, it is determined that one of the challenges to energy security is the transition of the Russian Federation to a new model of socio-economic development. These changes should ensure balanced spatial and regional development. At the same time, differences in the electricity price for production consumption may affect the balance of regional development. The paper presents research results of GRP power intensity dependence on an average regional electricity at-market

¹ The article was written on the basis of the RANEPА state assignment research programme.

value (for non-household consumers), including network tariff and other regional factors. The research is based on data of regional electric power consumption and gross regional product values of 78 Russian Federation regions for every year of 2014–2019 period after Power Sector Reform completion. For region scale the authors calculate factors of normalized GRP power intensity, a share of regional power consumption by energy-intensive branches, a normalized employment to GRP. The calculation of normalized GRP power intensity applies all economic activities integrated demand (business electricity consumption) and eliminates electric line power losses and household consumption. 3-factor models of normalized GRP power intensity were calculated for every year of 2014–2019 period by weighted least squares. Negative partial regression coefficient of normalized GRP power intensity dependence on regional electricity at-market value confirm a hypothesis that a lower at-market value region has a greater normalized GRP power intensity.

Keywords: Gross Regional Product, business electricity consumption, normalized GRP power intensity, network tariff, average regional at-market value.

To cite this document: Temnaya, O. V., & Agafonov, D. V. (2024). Normalized GRP power intensity model with correlation-factor of regional electricity at-market value and other criteria. *Lomonosov Economics Journal*, 59(2), 130–152. <https://doi.org/10.55959/MSU0130-0105-6-59-2-7>

Введение

В соответствии с Государственной программой Российской Федерации «Развитие энергетики» (постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 321) и Доктриной энергетической безопасности Российской Федерации (Указ Президента РФ от 13.05.2019 № 216) одним из внутренних вызовов энергетической безопасности является «переход Российской Федерации к новой модели социально-экономического развития, предполагающей <...> сбалансированное пространственное и региональное развитие <...>».

Одной из причин нарушения сбалансированности регионального развития являются различия в цене электроэнергии для производственного потребления. При реформировании энергетической отрасли Российской Федерации был выделен распределительный электросетевой комплекс, тарифы на услуги которого устанавливаются региональными органами тарифного регулирования. Электросетевые тарифы дифференцированы как по категориям потребителей — тарифы для населения и приравненных к нему потребителей, тарифы для потребителей, не относящихся к населению (так называемые «прочие потребители»), так и по группам в пределах названных категорий. Для потребителей, не относящихся к населению, тарифы дифференцированы по четырем уровням напряжения. Средневзвешенная величина тарифов на передачу электроэнергии для потребителей, не относящихся к населению, в каждом регионе зависит как от степени загрузки электрических сетей (и в целом, и по каждому из уровней напряжения), так и от величины перекрестного субсидирования населения. Затраты на передачу электрической энергии составляют по оценкам авторов настоящей статьи от 30 до 60% конечной стоимости электро-

энергии для потребителя в зависимости от региона и уровня напряжения. В результате регионы с высокими тарифами на передачу электроэнергии оказываются непривлекательными для бизнеса, поэтому производственное потребление в них снижается, что приводит к повышению электросетевых тарифов, так же как и попытки бизнеса организовать автономное электроснабжение. Комитет Государственной думы по энергетике в 2020 г. выдвинул инициативу повышения инвестиционной привлекательности территорий через снижение стоимости передачи электроэнергии посредством установления единого тарифа в смежных субъектах РФ, где тарифы на передачу сильно различаются.

Однако введение единого межрегионального тарифа будет эффективным только при наличии отрицательного влияния цены электроэнергии на величину валового регионального продукта (ВРП) или величину регионального электропотребления. В данной статье приведены результаты исследования взаимосвязи между этими величинами.

Обзор литературы

Во многих научных трудах как в России, так и за рубежом, исследовалась взаимосвязь между экономическим ростом и потреблением электрической энергии.

Результаты исследований российских ученых показывают, что связь электропотребления и ВВП не является стабильной.. Так, председатель экспертного совета Сообщества потребителей электроэнергии профессор Б. И. Нигматулин (Нигматулин, 2011) определил, что средний коэффициент эластичности электропотребления к ВВП в СССР в 1950–1964 гг. равнялся 1,7; в период 1965–1989 гг. — 1,05; после распада СССР в 1990–1998 гг. — 0,55; в период посткризисной стабилизации и роста цен энергоресурсов 1999–2008 гг. — 0,3; в кризисный период 2008–2009 гг. — 0,55.

В совместной работе исследователей Новосибирского госуниверситета и института экономики и организации промышленного производства СО РАН (Мишура, 2008) отмечено, что при исследовании зависимости ВВП и электропотребления для 93 стран мира долгосрочная положительная и значимая взаимосвязь была выявлена только для 60% данных. Это свидетельствует о том, что эластичность электропотребления к ВВП зависит от структуры отраслей экономики и уровня экономического развития страны. Средний в интервале 5–10 лет коэффициент эластичности электропотребления к ВВП, определяемый как частное от деления относительного изменения электропотребления на относительное изменение ВВП в год, рассматривается как фундаментальная макроэкономическая характеристика страны. Отмечено также влияние на динамику величины электропотребления аномальных погодных условий.

На долгосрочные изменения ценового спроса на электроэнергию (Мишура, 2008) влияет не только развитие энергосбережения, но и «глубин-

ные изменения объемов и структуры производства во всех секторах экономики, с изменением состава конечной продукции». По данным 2004 г. для 72 регионов РФ А. В. Мишура выявил наличие существенной зависимости нелинейного характера между средними тарифами для производственных потребителей и электроемкостью ВРП и рассчитал эластичность спроса на электроэнергию со стороны всех производственных секторов экономики. При этом в качестве зависимой переменной был использован объем производственного потребления электроэнергии в регионах РФ (общий объем без потерь в сетях общего пользования и потребления населения). При расчете общей эластичности спроса относительные цены на энергию были сконструированы как средние цены для всех производственных потребителей, отнесенные к дефлятору ВРП (1996 г. = 1), а при расчете условной эластичности спроса относительные цены энергии были сконструированы как средние цены для всех секторов (кроме населения), отнесенные к среднемесячной заработной плате для всех секторов экономики. В качестве показателя уровня экономической активности был принят реальный ВРП в ценах 2000 г.

В результате А. В. Мишура разработал уравнения коэффициентов общей и условной эластичности, которые демонстрируют наличие отрицательного влияния роста тарифа на электропотребление. Однако применение в исследовании относительных цен электроэнергии, сконструированных с использованием дефляторов ВРП и среднемесячной заработной платы для всех секторов экономики, по мнению авторов настоящей статьи, не может раскрыть зависимость между спросом и ценой из-за того, что темп роста цены электроэнергии и дефлятор ВРП — это разные величины, а отнесение средней цены электроэнергии к среднемесячной заработной плате для всех секторов экономики является некорректной процедурой. Но, по мнению авторов настоящей статьи, абсолютно правильным является исключение из региональных объемов потребления электроэнергии величины потерь в сетях и потребления населением, так как эти величины по смыслу не должны включаться в объем потребления по видам экономической деятельности.

В аналитическом мониторинге электропотребления в России в 2008–2010 гг., выполненном Институтом энергетической стратегии (Коган, Троицкий, 2011), определена эластичность электропотребления по ВВП в пределах 0,2–0,4. При анализе выявлено неуклонное снижение электроемкости ВВП, которая в 2008 г. составила 72% от электроемкости 2000 г. Этот тренд был прерван кризисом 2008 г., после которого произошел рост электроемкости, вызванный как структурными сдвигами в экономике, так и недогрузкой производственных мощностей. То, что темп снижения электропотребления при падении производства всегда ниже темпа падения производства, объясняется наличием условно-постоянного потребления электроэнергии на хозяйственные расходы и повышенными

удельными расходами электроэнергии на единицу продукции при недогрузке технологического оборудования.

В аналитическом мониторинге (Коган, Троицкий, 2011) подробно рассмотрены сдвиги производства и электропотребления в основных отраслях промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, транспорте, сфере услуг в период 2008–2010 гг. Для 2009 г. применено понятие и рассчитана «степень концентрации убыли электроэнергии». Отмечен рост потребления электроэнергии в жилищном секторе и увеличение его доли в общем электропотреблении России. В результате анализа сделаны выводы о том, что динамика спроса на электроэнергию зависит от объема ВВП, от структуры видов экономической деятельности, а также от климатических условий. Кроме того, в результате анализа доли затрат на электроэнергию в затратах по видам экономической деятельности сделан вывод о минимальном влиянии ценового фактора электроэнергии на структуру затрат в производстве и сфере услуг.

Таким образом, среди российских ученых не выработано единого мнения о наличии отрицательного влияния цены электроэнергии на объем регионального электропотребления.

Исследователи из Университета Барселоны (Costa-Campi et al., 2018) с использованием данных Евростата за 2007–2013 гг. по 22 европейским странам исследовали логарифмическую зависимость ВВП (Gross domestic product — Billions €) от четырех величин: количество занятых в экономике (Number of employees. Total economy — 1000 persons), размер основного капитала (Net capital stock, constant prices 2010), индекс производительности труда (Total productivity trend, Index 2010 = 100) и объем электропотребления (Econs, MWh). В результате М. Коста-Кампи, Дж. Гарсия-Кеведо Е. Трухильо-Бауте (Costa-Campi et al., 2018) сделали вывод о том, что сокращение электропотребления способствует снижению уровня ВВП. Однако, по мнению авторов настоящей статьи, из вышеприведенных зависимостей можно сделать альтернативный вывод: снижение уровня экономической активности (например, в период кризисов), результатом которого является уменьшение ВВП, сопровождается сокращением электропотребления. В качестве второго аспекта исследования в статье смоделирована зависимость объема электропотребления страны от величины издержек на развитие источников возобновляемой энергии (RES-E promotion costs, €/MWh), тарифа на услуги по передаче электрической энергии (Network costs — industrial, €/MWh), оптовой стоимости электроэнергии со сбытовой надбавкой для промышленных потребителей (Energy cost, €/MWh). В результате авторами указанного исследования выявлено отрицательное влияние вышеперечисленных компонентов цены электроэнергии на величину индустриального электропотребления.

В статье «Эластичность объема производства по цене для электроэнергии для промышленности и эластичность электропотребления промышленности для стран с высоким и средним уровнями доходов» Б. Лиддл и Ф.

Хасанов исследовали панельные данные (65 стран в период 1978–2016 гг.) по электропотреблению, добавленной стоимости и средней цене на электроэнергию (Liddle, Hasanov, 2022). Они построили эконометрическую модель зависимости логарифма электропотребления от логарифмов добавленной стоимости текущего года и предыдущего года и цены на электроэнергию текущего года и предыдущего года, на основании которых определены краткосрочная и долгосрочная эластичность электропотребления по добавленной стоимости и по цене. Выявлено, что для стран с высоким уровнем доходов (35 стран) прирост добавленной стоимости почти вдвое превышает прирост электропотребления, а для стран со средним уровнем доходов (30 стран) темпы прироста этих величин более близки. Кроме того, была выявлена отрицательная эластичность производственного электропотребления по цене электроэнергии, причем ее абсолютное значение почти в два раза выше для стран с высоким уровнем доходов, чем для стран со средним уровнем доходов.

Взаимосвязь динамики ВРП (в ценах 2019 г.) в Российской Федерации и электропотребления по всем видам экономической деятельности была проанализирована в исследовании РАНХиГС 2021 г. (Темная, 2021). В результате была выявлена корреляция (0,972) между изменением ВРП и изменением суммарного электропотребления по регионам РФ за период 2005–2019 гг. Однако при декомпозиции ВРП и электропотребления по регионам оказалось, что эти величины имеют сходную динамику только в 41 регионе (коэффициент корреляции более 0,7), в остальных регионах РФ взаимосвязь между изменением ВРП и электропотребления незначима. Из них в 10 регионах коэффициент корреляции между величинами ВРП и электропотребления имеет отрицательное значение. Поэтому исследование региональных показателей эластичности электропотребления по изменению ВРП имеет смысл только для половины субъектов Российской Федерации.

Так как задачей настоящего исследования было выявление общих зависимостей для регионов РФ, вместо эластичности электропотребления, представляющей собой временную выборку данных, нами было изучена пространственная выборка величин электропотребления и ВРП субъектов РФ отдельно для каждого года на протяжении семилетнего периода после завершения энергетической реформы.

Исходные данные и методы исследования

В исследовании использовались такие публикуемые Росстатом показатели, как валовой региональный продукт, региональное экономическое потребление электроэнергии (суммарное электропотребление по видам экономической деятельности), численность занятых в экономике региона.

Чтобы устранить влияние инфляционного изменения цен на величину ВРП, авторы статьи пересчитали эти показатели в цены 2019 г. с приме-

нением индексов физического объема валового регионального продукта, также опубликованных Росстатом (Росстат, (н.д.)).

Эксперты, занимающиеся прогнозированием электропотребления (Антонов, 2017), отмечают ухудшение качества энергетической статистики РФ, вызванное реформой электроэнергетики. Ликвидация вертикально интегрированного управления энергетической отраслью усложнило сбор и агрегацию энергетической информации.

Это приводит к тому, что данные о региональных объемах потребления, публикуемые Федеральной службой государственной статистики и Минэнерго России, различаются. Например, электропотребление Еврейской АО за 2021 г. по данным Минэнерго было на 24,9% выше, чем по данным Росстата; а электропотребление Архангельской области совместно с Ненецким АО по данным Минэнерго было на 27,9% ниже, чем по данным Росстата. Единственный регион, где величины электропотребления по данным Росстата и Минэнерго совпали — это Забайкальский край. Распределение числа регионов по величине различий в информации об электропотреблении приведено в табл. 1.

Таблица 1

Распределение регионов по различиям между электропотреблением по данным Минэнерго и данным Росстата за 2021 г. (%)

Интервал относительной разницы между электропотреблением по данным Минэнерго и данным Росстата						
Нижняя граница	–27,9	–10,0	–5,0	0,0	5,0	10,0
Верхняя граница	–10,0	–5,0	0,0	5,0	10,0	24,9
Количество регионов в интервале различий	5	10	28	20	6	4

Источник: составлено авторами по данным электробаланса Росстата за 2021 г. (https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial) и данным годового отчета СО ЕЭС (https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2022/ups_rep2021.pdf).

Использованное при составлении табл. 1 количество регионов соответствует региональному делению, принятому Минэнерго, в котором совместно (без дифференциации по субъектам РФ) учтено электропотребление Москвы и Московской области; Санкт-Петербурга и Ленинградской области, Краснодарского края и Республики Адыгея, Республики Крым и г. Севастополя, Республики Алтай и Алтайского края.

В настоящем исследовании приняты величины объемов потребления, публикуемые Росстатом, так как данные электропотребления Минэнерго не структурированы по видам потребления.

В электробалансах, публикуемых Росстатом, потребление электроэнергии детализируется на потребление по видам экономической деятельно-

сти, потребление населением и потери в электросетях. Авторы исследования просуммировали для каждого региона потребление электроэнергии по всем видам экономической деятельности по годам за период с 2005 по 2018 г., так как потребление населением и потери в сетях не участвуют в качестве ресурсов, формирующих ВРП. Кроме того, на основании данных электробалансов рассчитана доля электропотребления по наиболее энергоемким видам экономической деятельности, таким как добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха; водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений.

Доля потребления электрической энергии населением в разных субъектах РФ существенно различается — от 2,0 до 43,2% по данным 2021 г. Более половины регионов РФ в 2021 г. имели величину потерь электрической энергии, не превышающую 10%, у трети регионов потери находились в пределах 10–15%, в пяти регионах — в пределах 15–25%, в трех регионах — от 35,7–38,2% (Чеченская Республика, Республики Ингушетия и Дагестан).

У сходных по величине ВРП регионов величина общего электропотребления может различаться из-за разной величины потерь в электросетях (которые Росстат учитывает в составе электропотребления региона), а также из-за разницы в величине электропотребления населением. Это демонстрирует сравнение декомпозиции электропотребления таких трех регионов с близкими значениями ВРП 2020 г., как Пензенская область, Республика Крым и Астраханская область (рис. 1).

Как видно из рис. 1, общая величина электропотребления в Республике Крым значительно выше, чем в Пензенской и Астраханской областях, как за счет большей величины потерь, так и в большей степени за счет того, что электропотребление населения в Крыму в 2 раза превышает электропотребление населения Пензенской области и населения Астраханской области.

Кроме того, были рассмотрены четыре субъекта РФ с одинаковым уровнем общей величины регионального электропотребления: Пермский край, Самарская область, Краснодарский край, Республика Башкортостан (рис. 2).

В 2021 г. электропотребление Пермского края было наименьшим среди представленных четырех регионов, при этом величина суммарного электропотребления по видам экономической деятельности в Пермском крае была наибольшей. Это обусловлено тем, что в Пермском крае среди этих четырех регионов наблюдались самые низкие величины доли потребления электроэнергии населением (11,0%) и доли потерь (7,1%). Электропотребление Краснодарского края было на 2,7% больше, чем Пермского края, при этом суммарное электропотребление по видам экономической деятельности в Краснодарском крае на 26% меньше, чем в Пермском крае.

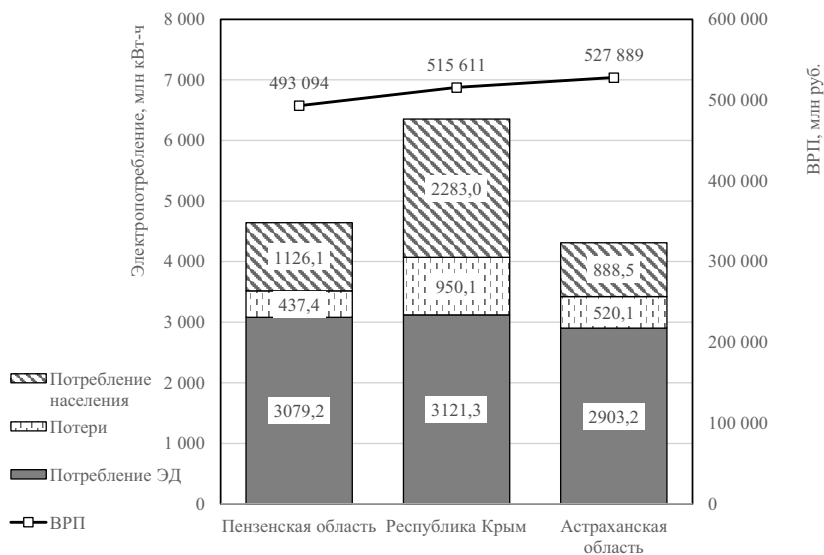


Рис. 1. Сравнение электропотребления по экономической деятельности, потерь электроэнергии и электропотребления населением в электропотреблении региона по данным 2020 г.

Источник: расчет авторов исследования по данным Росстата. https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial

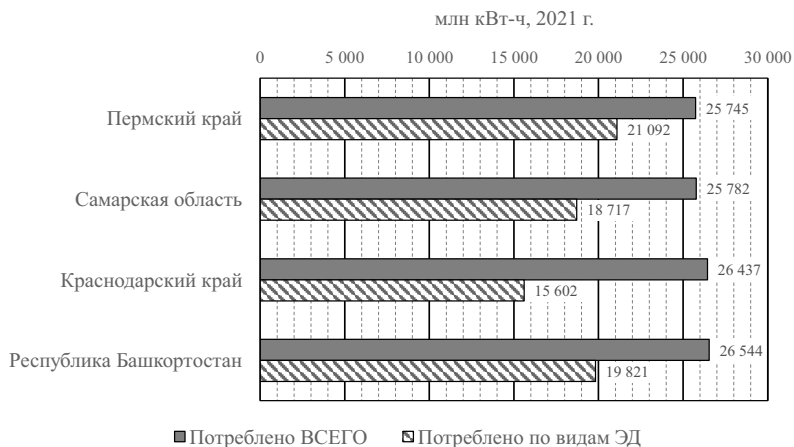


Рис. 2. Сравнение регионального электропотребления в целом и электропотребления по видам экономической деятельности (ЭД)

Источник: расчет авторов исследования по данным Росстата. https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial

Электропотребление населения и потери в электрических сетях не относятся к производственному потреблению и не вносят вклад в формирование ВРП, поэтому для исследования взаимосвязи величины валового регионального продукта и величины электропотребления более подходящим является показатель величины потребления электроэнергии по всем видам экономической деятельности (далее — экономическое электропотребление). При использовании этого показателя нивелируются региональные различия в части величины потерь и потребления электроэнергии населением.

Величина средней одноставочной цены электроэнергии в регионе рассчитывалась для каждого года исследования суммированием средневзвешенного тарифа на передачу электрической энергии, рассчитанного на основании данных, приведенных в решениях региональных органов тарифного регулирования, и средневзвешенной оптовой цены электроэнергии с учетом мощности, рассчитанной по индикативным ценам на электроэнергию и электрическую мощность, опубликованным на сайте. Средневзвешенная оптовая цена в регионе рассчитывалась с применением соотношения объемов мощности и электропотребления по распределительным электрическим сетям. Погрешность определения средневзвешенной цены на электроэнергию для тех районов, где имеются крупные предприятия, электропитание которых осуществляется от магистральных электрических сетей связана с наличием информационного вакуума в части объемов регионального электропотребления от магистральных электрических сетей и вследствие этого не поддается расчету.

До 2014 г. данные об объемах потребления электрической энергии и мощности в региональных электрических сетях не публиковались. Данные о ВРП за 2020 г. по состоянию на конец 2021 г. Росстатом еще не опубликованы. Поэтому период исследования ограничен 2014 и 2019 гг.

В исследовании использованы данные по 78 из 85 субъектов РФ. Из рассмотрения исключены Республика Крым и г. Севастополь как из-за особого порядка установления тарифа на электроэнергию, так и вследствие неполноты данных за 2014 г. В исследовании не участвовали Камчатский край, Сахалинская область и Чукотский АО из-за отсутствия данных, позволяющих рассчитать средневзвешенную цену электроэнергии. Данные по Ханты-Мансийскому автономному округу — Югре и Ямало-Ненецкому автономному округу учтены совместно с Тюменской областью из-за отсутствия отдельных данных об объемах потребления электроэнергии и мощности.

Исследование взаимосвязи между рассматриваемыми величинами производилось с использованием множественной линейной регрессии для каждого года рассматриваемого периода, чтобы проанализировать устойчивость взаимосвязи. Для уточнения коэффициентов модели применялся взвешенный метод наименьших квадратов (ВНМК).

Результаты исследований

Величина ВРП в субъектах РФ существенно различается (коэффициент вариации величины ВРП по регионам РФ в 2020 г. составил 209%). Потребление электроэнергии по всем видам экономической деятельности в регионах также различается (коэффициент вариации в 2020 г. составил 131%). Для сопоставимости регионов авторы исследования выбрали удельный показатель, характеризующий интенсивность регионального электропотребления по всем видам экономической деятельности — удельную электроемкость ВРП, определяемую как отношение величины электропотребления по всем видам экономической деятельности к величине ВРП (в ценах 2020 г.). Величина удельной электроемкости ВРП в период 2014–2020 гг. для преимущественного большинства регионов была стабильна — для 56 регионов (из рассмотренных 78) коэффициент вариации не превышал 6%, для 11 регионов находился в пределах 6–10%. В Брянской, Астраханской, Мурманской и Волгоградской областях, Республиках Калмыкия, Ингушетия, Северная Осетия, Дагестан, Тыва, Алтай, и Бурятия, в Ненецком АО коэффициент вариации удельной электроемкости превышал 15%.

Наибольший рост удельной электроемкости ВРП за рассмотренный период произошел в Республике Ингушетия (с 2,4 до 6,4 кВт·ч/тыс. руб., коэффициент вариации 42%), где при неизменном уровне ВРП электропотребление по видам экономической деятельности выросло в 2 раза. При этом в Республике Ингушетия произошло резкое снижение величины потерь в электросети. То есть изменение удельной электроемкости ВРП, вероятно, вызвано совершенствованием систем учета электроэнергии.

В Республике Северная Осетия — Алания (коэффициент вариации удельной электроемкости за 2014–2020 гг. 24%) в период 2014–2020 гг. произошло одновременное снижение ВРП (с 196,7 млрд до 182,8 млрд руб.) и, в большей степени, электропотребления (с 982,7 млн до 640,9 млн кВт·ч), что привело к снижению удельной электроемкости ВРП.

Таким образом, в период 2014–2020 гг. для преимущественного большинства регионов величина удельной электроемкости оказалась относительно стабильной.

Максимальный коэффициент вариации удельной электроемкости ВРП среди регионов был равен 72% в 2017 г., минимальный — 67% в 2019 г. (в 2020 г. — 68%). Это почти вдвое ниже коэффициента вариации величины электропотребления и втрое ниже коэффициента вариации ВРП. Таким образом, выбранный показатель удельной электроемкости нивелирует различия в размерах регионов.

Основная гипотеза, которая проверялась в исследовании — средняя цена электроэнергии отрицательно влияет на величину удельной электроемкости ВРП. Предварительный анализ показал, что пространственная корреляция удельной электроемкости ВРП с компонентами цен на

электроэнергию и электрическую мощность отсутствует. Это объясняется тем, что для потребителя существенное значение имеет конечная цена электроэнергии, а не величина ее компонентов. Для некоторых регионов, где особенно высоки тарифы на передачу электроэнергии, для нивелирования региональных различий были введены специально сниженные оптовые цены энергорынка, поэтому компоненты цены электроэнергии в этих регионах будут влиять на удельную электроемкость противоположным образом, тогда как влияние результирующей цены корректно проявится в сравнении с другими регионами.

В качестве переменных, влияющих на удельную электроемкость ВРП региона, авторы исследования рассмотрели следующие:

- доля электропотребления по наиболее энергоемким видам экономической деятельности (добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды) (далее — ВЭД) в общей величине электропотребления по всем видам экономической деятельности;
- удельная региональная занятость (чел./тыс. руб.), рассчитанная как отношение численности занятых в экономике региона к величине ВРП;
- средняя одноставочная цена электроэнергии в регионе ($\Pi_{1cm}^{эз}$, руб./кВт·ч), определенная суммированием одноставочной цены оптового рынка для региона (Π_{1cm}^{OP} , руб./кВт·ч) и средневзвешенного тарифа на передачу электрической энергии ($T_{связ.}^{передача}$, руб./кВт·ч). Величина сбытовых надбавок не учитывалась, так как их доля в цене электроэнергии значительно меньше, чем доля стоимости учтенных компонентов цены.

$$\Pi_{1cm}^{эз} = \Pi_{1cm}^{OP} + T_{связ.}^{передача} \quad (1)$$

Влияющие переменные являются линейно независимыми, что демонстрирует таблица коэффициентов корреляции на примере 2014 и 2020 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между влияющими факторами

Наименование фактора	Обозначение	2014 г.			2020 г.		
		X1	X2	X3	X1	X2	X3
Доля электропотребления энергоемких ВЭД, %	X1	1			1		
Удельная региональная занятость (чел./тыс. руб.)	X2	−0,531	1		−0,360	1	
Средняя цена электроэнергии в регионе (руб./кВт·ч)	X3	−0,308	0,332	1	−0,523	0,342	1

Источник: составлено авторами.

Попытки добавить в модель зависимости удельной электроемкости климатические факторы, такие как среднегодовая температура наружного воздуха, количество дней с температурой ниже 0, в холодный период года не привели к улучшению модели, так как влияние вышеперечисленных факторов оказалось статистически незначимым.

На рис. 3 представлена зависимость электроемкости ВРП от доли электропотребления энергоемкими ВЭД в суммарном электропотреблении региона по всем видам экономической деятельности по данным 2020 г.

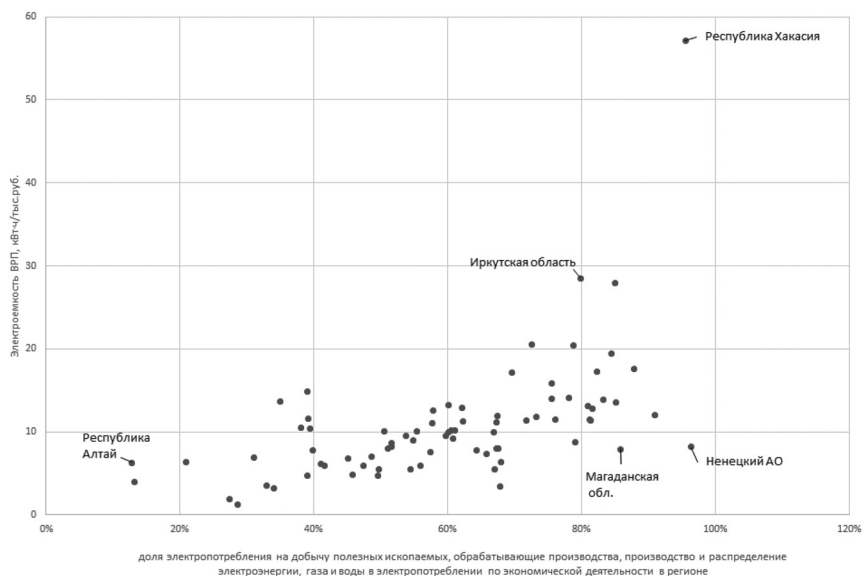
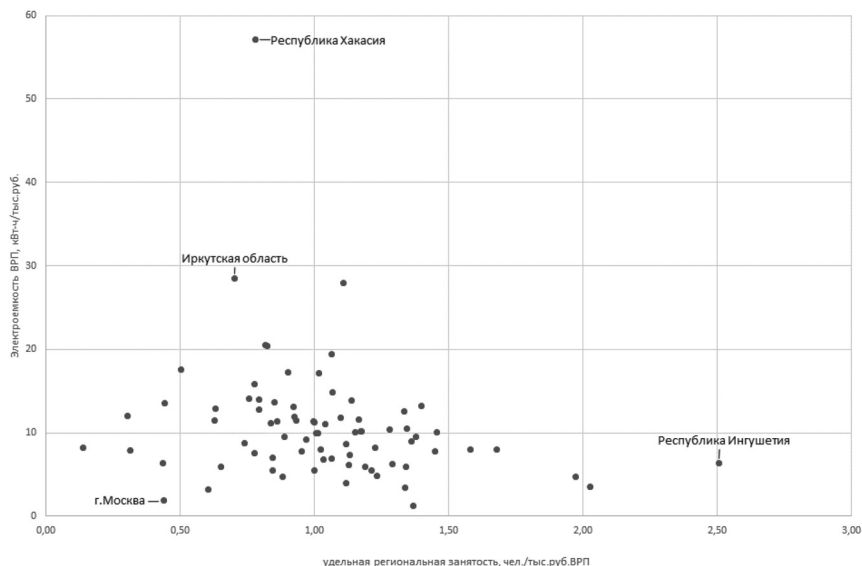


Рис. 3. Зависимость удельной электроемкости ВРП от доли электропотребления энергоемких ВЭД по данным 2020 г.

Источник: расчет авторов исследования по данным Росстата.

Данные, представленные на рис. 3, имеют большой разброс (выше 80%) величины удельной электроемкости в области значений доли электропотребления энергоемких видов экономической деятельности. В отрыве от других значений находится удельная электроемкость ВРП в Республике Хакасия, что обусловлено преобладанием в регионе электроемкой алюминиевой промышленности (постановление Главы Республики Хакасия, 2021).

На рис. 4 представлена зависимость электроемкости ВРП от фактора удельной региональной занятости по данным 2020 г.



*Рис. 4. Зависимость удельной электроемкости ВРП от удельной занятости в ВРП региона по данным 2020 г.
Источник: расчет авторов исследования по данным Росстата.*

Соотношение удельной электроемкости ВРП и удельной региональной занятости имеет большой разброс значений и не виден заметный тренд. Высокая удельная электроемкость ВРП Республики Хакасия соответствует значению удельной региональной занятости, которое ниже средней по регионам в полтора раза.

Наблюдается сильный разброс значений удельной региональной занятости в регионах с удельной электроемкостью ВРП ниже 10 кВт·ч/тыс. руб. — от 0,14 чел./тыс. руб. ВРП в Ненецком АО до 2,51 чел./тыс. руб. ВРП в Республике Ингушетия.

На рис. 5 представлена зависимость удельной электроемкости ВРП от средневзвешенной цены на электроэнергию по данным 2020 г.

Как видно из рис. 3–5, удельная электроемкость ВРП одного региона — Республики Хакасия — значительно превышает удельную электроемкость ВРП прочих регионов. Это связано с тем, что в Республике Хакасия работают Саяногорский и Хакасский алюминиевые заводы, а алюминиевая промышленность — одна из самых энергоемких отраслей. Поэтому величина удельной электроемкости Республики Хакасия среди регионов РФ является аномально высокой. При этом рассчитанная авторами статьи средняя одноставочная цена электроэнергии в Республике Хакасия не является самой низкой, что вызвано вышеописанной погрешностью определения средневзвешенной цены на электроэнергию для районов с крупными пред-

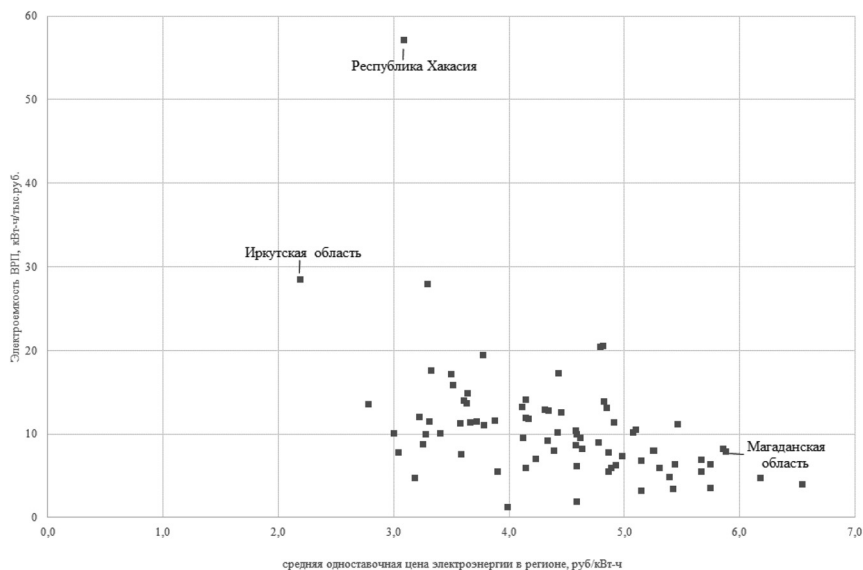


Рис. 5. Зависимость удельной электроёмкости ВРП от средней одноставочной цены электроэнергии в регионе по данным 2020 г.

Источник: расчет авторов исследования по данным Росстата, АО «АТС» и региональных тарифных органов (Росстат, (н.д.); АО «АТС», (н.д.); ИЭМ РАНХиГС, 2022).

приятиями, электропитание которых осуществляется от магистральных электрических сетей. В Республике Хакасия, по оценкам авторов статьи, доля электроэнергии, потребляемой от магистральных сетей, составляет примерно 50%, поэтому оценка средневзвешенной цены по формуле (1) имеет завышенное значение. Ввиду вышеизложенного Республику Хакасия авторы исключили из выборки регионов.

Далее авторы настоящей статьи проводили исследование на основе данных по 77 регионам. Исключение данных по Республике Хакасия сократило коэффициент вариации удельной электроёмкости ВРП с 67–72 до 49–50%.

Параметры трехфакторной линейной зависимости удельной электроёмкости ВРП от региональных показателей:

- доля электропотребления энергоёмких ВЭД (Переменная X1, %);
- удельная занятость в ВРП (Переменная X2, чел./тыс. руб.);
- средняя одноставочная цена электроэнергии (Переменная X3, руб./кВт·ч) по усеченной выборке (без Республики Хакасия) (табл. 3).

Таблица 3

**Показатели линейной регрессии удельной электроемкости ВРП
(кВт·ч/тыс. руб.) от доли электропотребления энергоемких ВЭД
(X1, %), удельной занятости в ВРП (X2, чел./тыс. руб.),
средней одноставочной цены электроэнергии (X3, руб./кВт·ч)**

Название/обозначение		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Коэффициент линейной регрессии	Переменная X1	22,64	23,01	23,09	23,93	22,97	22,83	19,94
	Переменная X2	4,87	4,44	4,73	4,52	4,10	4,64	3,84
	Переменная X3	–2,47	–2,26	–2,11	–2,07	–1,71	–1,69	–1,29
t-статистика (коэффициент Стьюдента)	Переменная X1	10,04	10,25	10,24	11,07	10,75	11,78	11,09
	Переменная X2	3,82	3,68	3,75	3,79	3,50	3,96	3,11
	Переменная X3	–4,02	–3,96	–3,92	–4,43	–3,86	–4,23	–3,18
Множественный коэффициент корреляции	Множественный R	0,932	0,935	0,934	0,940	0,941	0,947	0,942
Коэффициент детерминации	R-квадрат	0,868	0,874	0,873	0,884	0,885	0,896	0,888
Скорректированный коэффициент детерминации	Нормированный R-квадрат	0,851	0,857	0,856	0,867	0,868	0,880	0,871
F-критерий Фишера расчетный	Регрессия	162,8	170,8	169,9	187,8	189,5	213,5	195,4
Тестовая статистика Голдфелда — Куандта	Переменная X1	1,058	1,060	1,115	1,697	1,496	1,731	2,820
	Переменная X2	1,161	1,531	1,378	1,350	1,130	1,421	2,152
	Переменная X3	2,825	2,038	2,294	3,376	3,403	2,827	1,977

Источник: расчет авторов исследования.

Значения критерия Стьюдента показывают статистическую значимость коэффициентов линейной трехфакторной зависимости без свободного члена (табличное значение 1,99 для 74 степеней свободы и $\alpha = 0,05$). Расчетные значения критерия Фишера превышают табличное значение (2,73), что должно подтверждать надежность полученного уравнения регрессии.

Расчетные значения тестовой статистики Голдфелда — Куандта определялись соотношением наибольшей и наименьшей из дисперсий для первой трети (26 значений) и последней трети (26 значений) значений, упорядоченных по убыванию каждой из влияющих переменных. Расчетное значение тестовой статистики Голдфелда — Куандта для первых двух переменных меньше критического $F = 2,014$ ($\alpha = 0,05, 26-3, 26-3$). Однако для переменной X3 (средняя цена электрической энергии) значение расчетного критерия Голдфелда — Куандта превышает критическое, что свидетельствует о том в остатках модели присутствует гетероскедастичность.

В этих условиях t-тесты и F-тесты не дают правильных результатов (Кеткина, 2020, с. 25–30).

Для устранения влияния гетероскедастичности был применен взвешенный метод наименьших квадратов (ВМНК) (Дрейпер, Смит, 1986, с. 145–152). В соответствии с ним наблюдениям с наименьшей дисперсией присваивается наибольший вес. Приведенные новые переменные рассчитывались путем деления начальных значений переменных на величину среднеквадратичных отклонений от первой версии линейной модели метода наименьших квадратов (далее — МНК) .

$$Y_i' = \frac{Y_i}{\sigma_i} \quad X1_i' = \frac{X1_i}{\sigma_i} \quad X2_i' = \frac{X2_i}{\sigma_i} \quad X3_i' = \frac{X3_i}{\sigma_i}. \quad (2)$$

Параметры трехфакторной линейной зависимости приведенных значений зависимой переменной от влияющих переменных представлены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели трехфакторной линейной регрессии методом ВМНК приведенных показателей удельной электроемкости ВРП (кВт·ч/тыс. руб.) от приведенных значений влияющих факторов

Название/обозначение		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Коэффициент линейной регрессии	Переменная X1'	22,33	22,66	23,18	23,61	23,21	22,97	19,47
	Переменная X2'	4,68	4,49	4,79	4,53	4,11	3,85	3,64
	Переменная X3'	–2,38	–2,23	–2,13	–2,05	–1,75	–1,51	–1,17
t-статистика (коэффициент Стьюдента)	Переменная X1'	95,29	76,50	149,46	74,48	63,88	49,85	43,32
	Переменная X2'	31,85	20,20	23,21	47,23	15,59	11,94	18,34
	Переменная X3'	–37,53	–25,09	–30,39	–45,75	–43,73	–17,77	–11,68
Множествен. коэффициент корреляции	Множественный R	0,9996	0,9997	0,9999	0,9995	1,0000	0,999	0,9993
Коэффициент детерминации	R-квадрат	0,9991	0,9994	0,9998	0,9991	0,9999	0,997	0,9986
Скорректированный коэффициент детерминации	Нормированный R-квадрат	0,9856	0,9858	0,9863	0,9856	0,9864	0,984	0,9850
F-критерий Фишера расчетный	Регрессия	27 741	38 631	149 014	27 088	280 514	9333	17 445
Тестовая статистика Голфелда — Кванда	Переменная X1'	1,005	1,078	1,176	1,072	1,005	1,072	1,035
	Переменная X2'	1,023	1,066	1,017	1,113	1,017	1,209	1,151
	Переменная X3'	1,153	1,010	1,042	1,089	1,052	1,037	1,296

Источник: расчет авторов исследования по данным Росстат, АТС и региональных тарифных органов.

Расчетные значения тестовой статистики Голдфелда — Куандта для зависимости, рассчитанной ВМНК, не превышают критическое значение $F = 2,014$ ($\alpha = 0,05, 26-3, 26-3$). Это подтверждает гомоскедастичность модели и, соответственно, правильность статистических характеристик коэффициентов регрессии.

Обсуждение результатов исследований

В результате исследований получены коэффициенты линейной зависимости удельной электроемкости ВРП (кВт·ч/тыс. руб.) от влияющих факторов (табл. 5).

Таблица 5

Коэффициенты линейной зависимости удельной электроемкости ВРП (кВт·ч/тыс. руб.) от приведенных значений влияющих факторов

Наименование фактора	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Доля электропотребления энергоемких ВЭД, %	22,64	23,01	23,09	23,93	22,97	22,83	19,94
Удельная занятость в ВРП, чел./тыс. руб.	4,87	4,44	4,73	4,52	4,10	4,64	3,84
Средняя одноставочная цена электроэнергии, руб./кВт·ч	-2,47	-2,26	-2,11	-2,07	-1,71	-1,69	-1,29

Источник: расчет авторов исследования.

Таким образом, на основании модели линейной зависимости авторы статьи, исходя из средних тенденций 2020 г., делают вывод о том, что при повышении доли электропотребления энергоемких видов экономической деятельности в регионе на 1% удельная электроемкость ВРП должна увеличиться на 0,199 кВт·ч/тыс. руб.

Исходя из средних тенденций 2020 г., при повышении удельной занятости на 0,1 чел./тыс. руб. ВРП удельная электроемкость исходя из средних тенденций должна возрасти на 0,384 кВт·ч /тыс. руб.

Исходя из средних тенденций 2020 г., при повышении средней одноставочной цены электроэнергии на 0,1 руб./кВт·ч удельная электроемкость ВРП должна снизиться на 0,129 кВт·ч/тыс. руб., и, наоборот, при снижении цены удельная электроемкость ВРП должна возрасти.

Об устойчивости модели можно судить по динамике коэффициентов линейной зависимости. Коэффициент линейной зависимости удельной электроемкости ВРП от доли электропотребления энергоемких видов экономической деятельности в рассматриваемом периоде стабилен. Несколько выше изменчивость коэффициента линейной зависимости от удельной занятости в ВРП. Более всего изменяется коэффициент линейной зависимости от цены электроэнергии — за семилетний период

его абсолютная величина снизилась на 32%. Несомненно, что на изменение коэффициента линейной зависимости от цены влияет тренд роста цены на электроэнергию, который в пределах рассматриваемого периода был для регионов разным, но в среднем составил 40% за семилетний период.

Таким образом, устойчивость модели во времени нарушается из-за роста цены электроэнергии, и для прогнозных расчетов предпочтительней брать значение коэффициента линейной зависимости по данным за последний год. Можно также отметить, что в течение рассмотренного периода коэффициент линейной зависимости удельной электроемкости ВРП от цены электроэнергии непрерывно снижался по абсолютной величине, что демонстрирует постепенное снижение уровня влияния цены электроэнергии на удельную электроемкость ВРП.

Погрешность аппроксимации по моделям удельной электроемкости может объясняться погрешностью исходных данных, как статистических, так и данных о ценах электрической энергии. При разработке моделей использовались средние одноставочные цены электроэнергии, сформированные для каждого региона на основе последней версии годовых индикативных цен электроэнергии и мощности оптового рынка, и средневзвешенный тариф на услуги по передаче, рассчитанный на базе плановых объемов передачи электроэнергии и мощности. Однако часть потребителей получает электроэнергию от магистральных электрических сетей либо от генерирующих объектов, в том числе от собственной генерации. Объемы такой электроэнергии учитываются Росстатом в величине регионального электропотребления, но информация о ее цене отсутствует в открытом доступе. Кроме того, в каждом из регионов присутствует доля потребителей 2—6 ценовых категорий, для которых цена электроэнергии оптового рынка зависит от суточного графика нагрузки. Для этих потребителей цена электроэнергии теоретически должна быть ниже, чем по одноставочному тарифу, но информация, позволяющая оценить это снижение, является коммерческой тайной этих потребителей либо энергосбытовых организаций. Возможно также, что на погрешность моделей влияют факторы, не идентифицированные авторами настоящей статьи.

Заключение

Исследование удельной электроемкости ВРП, рассчитанной как отношение электропотребления по всем видам экономической деятельности к величине ВРП, позволяет исключить влияние на этот показатель региональной специфики в части величины потерь электроэнергии и потребления населения. Кроме того, как относительный показатель удельная электроемкость ВРП нивелирует различия в размерах регионов, которые

существенно влияют на абсолютные величины региональных показателей электропотребления и ВРП.

В регионах с более высокой удельной электроемкостью ВРП более развиты энергоемкие производства. Более интенсивное использование электрической мощности и электросетевой инфраструктуры создает условия, при которых цена на электроэнергию ниже, чем в регионах с низкой удельной электроемкостью ВРП. А более низкая цена электроэнергии создает более благоприятные условия для дальнейшего экономического развития региона.

Высокая цена электроэнергии может тормозить экономическое развитие региона, сокращая электропотребление, либо способствовать внедрению энергоэффективных технологий (требующему инвестиционных ресурсов). Сокращение электропотребления в обоих случаях приведет к снижению интенсивности использования электросетевой инфраструктуры, что может спровоцировать дальнейший прирост цены электроэнергии в регионе с низкой электроемкостью ВРП.

В данной работе проведено исследование удельной электроемкости ВРП за годы, прошедшие после реформирования электроэнергетики Российской Федерации (2014–2020 гг.), и выявлены основные факторы, влияющие на ее величину. В результате проведенной математической обработки методом ВМНК статистических показателей по 77 регионам Российской Федерации авторы исследования на основании пространственной выборки рассчитали для каждого года в период с 2014 по 2020 г. модель зависимости удельной электроемкости ВРП от трех линейно-независимых влияющих факторов:

- доли электропотребления энергоемкими видами деятельности;
- удельной занятости, рассчитанной как количество занятых на 1 тыс. руб. ВРП;
- средней цены на электроэнергию в регионе, учитывающей стоимость передачи по электрическим сетям, руб./кВт·ч.

Линейные коэффициенты зависимости удельной электроемкости ВРП от первых двух факторов имеют положительное значение и относительную стабильность в рассматриваемом периоде.

Линейные коэффициенты зависимости удельной электроемкости ВРП от средней цены электроэнергии для каждого из семи лет рассматриваемого периода имеют отрицательное значение, что подтверждает гипотезу о том, что удельная электроемкость ВРП выше в регионах, где ниже цена электроэнергии. Временной тренд этой зависимости свидетельствует об ослаблении влияния цены на электроемкость ВРП.

С помощью выявленной отрицательной зависимости между средневзвешенной ценой электроэнергии в регионе и удельной электроемкостью ВРП можно производить оценку последствий введения единого межрегионального тарифа на передачу электрической энергии.

Список литературы

Антонов, Н. В. (2017, 23 августа). Прогнозирование электропотребления и достоверность экономической и энергетической статистики. *Новости агентства экономической информации «Прайм»*. Дата обращения 06.10.2022, <https://1prime.ru/News/20170823/828159965.html>

Дрейпер, Н., & Смит, Г. (1987). *Прикладной регрессионный анализ (книга 2)*. Финансы и статистика. 351 с.

ИЭМ РАНХиГС. Нормативно-правовые акты об установлении единых котловых тарифов на услуги по передаче электрической энергии по сетям. Дата обращения 06.10.2022, <https://clck.ru/32GAMg>

Кеткина, О. С. (2020). *Возможности MS Excel для регрессионного анализа*. УрФУ. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://study.urfu.ru/Aid/Publication/14132/1/%D0%AD%D0%9E%D0%A0-%D0%9A%D0%B5%D1%82%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B0%20%D0%9E.%D0%A1._%202020.pdf

Коган, Ю. М., & Троицкий, А. А. (2011). *Аннотированные результаты аналитического мониторинга электропотребления в России в 2008–2010 гг. и оценки по 2011 г.* Институт энергетической стратегии. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.energystrategy.ru/stat_analit/monit_electropotr.pdf

Мишура, А. В. (2008). Долгосрочная эластичность спроса на электроэнергию со стороны производственных потребителей в России. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: социально-экономические науки*, 8 (3), 14–24.

Нигматулин, Б. И. (2011). Электроэнергетика России: мифы и реальность. *Энергетическая политика*, 3, 3–17.

Постановление Главы Республики Хакасия — Председателя Правительства Республики Хакасия от 20.04.2021 № 34-ПП «Об утверждении схемы и программы перспективного развития электроэнергетики Республики Хакасия на 2022–2026 годы». (2021, 20 апреля).

Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие энергетики».

Росстат (Федеральная служба государственной статистики). Баланс энергоресурсов Российской Федерации, Дата обращения 06.10.2022, https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial

Росстат (Федеральная служба государственной статистики). Регионы России. Социально-экономические показатели. Дата обращения 06.10.2022, <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>

Системный оператор единой энергетической системы. *Отчет о функционировании ЕЭС России в 2021 г.* https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2022/ups_rep2021.pdf

Темная, О. В. (2021). Экономический рост регионов и электропотребление. *Обмен знаниями в образовательном процессе: сборник научных трудов*, 78–85. <https://elibrary.ru/item.asp?id=45803390>

Указ Президента РФ от 13.05.2019 № 216 «Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации».

Costa-Campi, M. T., García-Quevedo, J., & Trujillo-Baute, E. (2018). Electricity regulation and economic growth. *Energy Policy*, 113, 232–238. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.004>

Liddle, B., & Hasanov, F. (2022, March). Industry electricity price and output elasticities for high-income and middle-income countries. *Empirical Economics*, 62, 1293–1319. <https://doi.org/10.1007/s00181-021-02092-6>

References

Antonov, N. V. (2017, August 23). *Forecasting of electricity consumption and reliability of economic and energy statistics*. Business News Agency “Prime”. Retrieved October 6, 2022, from <https://1prime.ru/News/20170823/828159965.html>

Decree of the Head of the Republic of Khakassia — Chairman of the Government of the Republic of Khakassia “On approval of the scheme and program for the prospective development of the electric power industry of the Republic of Khakassia for 2022–2026”. (2021, April 20). Signed by the head of the Republic of Khakassia — the Chairman of the Government of the Republic of Khakassia (No. 34-PP).

Decree of the President of the Russian Federation “On the approval of the Doctrine of Energy Security of the Russian Federation”. (2019, May 13). Signed by the President of the Russian Federation on 13.05.2019, current edition (No. 216).

Draper, N., & Smith, G. (1986). *Applied regression analysis*. John Wiley & Sons.

IEEM RANEP. Normative legal acts on the establishment of uniform boiler tariffs for services for the transmission of electrical energy through networks. Retrieved October 6, 2022, from <https://clck.ru/32GAMg>

Ketkina, O. S. (2020). *Features of MS Excel for regression analysis*. Ural Federal University.

Kogan, Yu. M., & Troitsky, A. A. (2011). *Annotated results of analytical monitoring of electricity consumption in Russia in 2008–2010 and estimates for 2011*. Institute of Energy Strategy.

Mishura, A. V. (2008). Elasticities of long-run electricity demand for productive sectors of the Russian economy. *Vestnik NSU. Series: socio-economic sciences*, 8(3), 14–24.

Nigmatulin, B. I. (2011). Power industry of Russia: myths and reality. *Energy Policy*, 3, 3–17.

Resolution of the Government of the Russian Federation “On approval of the state program of the Russian Federation “Development of Energy””. (2014, April 15). Signed by the Chairman of the Government of the Russian Federation, current edition (No. 321).

Rosstat (n.d.). Balance of energy resources of Russian Federation Retrieved October 6, 2022, from https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial

Rosstat (n.d.). Regions of Russia. Socio-economic indicators. Retrieved October 3, 2022, from <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>

Temnaya, O. V. (2021). Economic growth of the regions and electricity consumption. *Knowledge exchange in the educational process: collection of scientific papers*, 78–85.

Trade network administrator (ATS). Participants of the retail market and FGC. Retrieved October 6, 2022, from <https://www.atsenergo.ru/results/market>