

УДК 33 DOI: 10.14451/1.224.183

Оценка регионального и отраслевого энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции

© 2023 **Суржанинов Алексей Георгиевич**

соискатель Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург.

E-mail: surshaninov@yandex.ru

© 2023 **Гузикова Людмила Александровна**

Доктор экономических наук, доцент, профессор Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург.

E-mail: guzikova@mail.ru

Ключевые слова: региональная экономика, энергетический менеджмент, энергоэффективность, индекс энергопотребления, ресурсоэффективная экономика.

В статье представлено описание методов оценки энергопотребления для объектов исследования различного уровня и масштаба. Обосновано, что определение энергопотребления дает возможность сравнивать энергоемкость при заданном уровне потребления. На основе проведенного анализа и имеющихся статистических данных разработана методика оценки регионального и отраслевого энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции. Представлен расчет Индекса энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции российских регионов за период 2008–2021 гг. В статье приведены результаты укрупненного анализа по предложенному рейтингу, показано, что первые девять регионов сохраняли свои позиции на протяжении периода анализа. Большинство отстающих регионов также сохранили свои позиции, некоторые из них лишь немного улучшили показатели. Практическое применение данной методики позволит своевременно выявлять изменения энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции и выработать корректирующие меры для преодоления возникающих проблем.

Введение

Оценка состояния энергетического менеджмента должна проводиться в рамках конкретного сектора промышленности с использованием

определенного показателя. Определение энергопотребления дает возможность сравнивать энергоемкость при заданном уровне потребления. В настоящее время используются два

основных метода определения этих показателей. По объему исследования различают прямые показатели энергоемкости и совокупные показатели энергоемкости [1; 9]. Прямые показатели энергоемкости характеризуют производство отдельных продуктов и используемые технологии. Анализ этих показателей наиболее интересен непосредственно производителю — промышленному предприятию. Представленные результаты в производственных подразделениях однозначно отражают состояние производственного процесса и результаты проведенных инновационных изменений [12; 13]. Также прямые показатели энергоемкости могут прямо указывать на целесообразность смены технологии или на ситуацию, требующую немедленного вмешательства.

Оценка энергоемкости отраслей делает невозможным использование показателей непосредственно в натуральном измерении. С помощью анализа совокупного энергопотребления оцениваются экономические характеристики производства в целом, а не технические условия изготовления конкретной продукции. Совокупные показатели позволяют сгладить существующую в рыночной экономике ценовую неопределенность, связанную с необходимостью построения конкурентных рынков. Особое значение имеет энергопотребление, обусловленное экологичностью и экономической эффективностью производства.

Цель исследования: разработка методики сравнительной оценки регионального и отраслевого энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции.

Материал и методы исследования. Для написания статьи были использованы методы в рамках системного подхода: классификации и систематизации существующих методов оценки энергопотребления, логический и структурный анализ для выбора наиболее подходящего для достижения цели исследования. При разработке методики оценки регионального и отраслевого энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции и рас-

чета Индекса энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции использовался метод евклидовых расстояний.

Результаты исследования и их обсуждение

Энергоэффективность лежит в основе перехода к ресурсоэффективной экономике. Энергоэффективность представляет собой мощный и относительно дешевый инструмент для устойчивого развития, является одним из наиболее экономически целесообразных способов повышения безопасности энергоснабжения и сокращения выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ. Повышение энергоэффективности позволяет снизить масштабы необходимых инвестиций в энергетическую инфраструктуру, затраты на закупку первичных видов топлива, а также значительно повысить конкурентоспособность в секторе и комфорт потребителей [6].

Термин «энергоэффективность» означает более низкое потребление энергии при сохранении уровня экономической деятельности или обслуживания. «Энергосбережение» является более широким понятием и включает в себя также сокращение потребления путем изменения поведения или снижения экономической активности. На практике эти два термина трудно разделить, и они часто используются как взаимозаменяемые.

Применительно к развитию региона или отрасли важным аспектом является выпуск инновационной продукции, поэтому анализ потребления энергии для ее выпуска представляет особый интерес [11]. Такой анализ важен для российских регионов, поскольку показатели инновационной продукции неравномерны по регионам, а также внутри отраслей. При этом следует отметить отсутствие возможности комплексного анализа, поскольку существует недостаток показателей для проведения исследований.

Основной функцией промышленного предприятия является переработка входящего сырья в готовую продукцию в процессе производства. Сама переработка заключается в применении

к входящему сырью некоторого производственного процесса с использованием для этой цели машин, устройств, топлива и энергии [15].

В настоящее время при изучении энергопотребления наибольшую популярность приобрел контроль энергетических показателей. Использование показателей энергопотребления для оценки рациональности экономики в основном обусловлено растущей доступностью статистических и измерительных данных. Под данными измерений понимаются значения измеряемых величин, относящиеся к реализуемому процессу [17]. Результатом представления измеряемых параметров в виде показателей являются количественные значения, не дающие прямой информации об изучаемом явлении, но сильно коррелирующие с ним. Примером может служить классический анализ процессов и явлений на основе измерений, описанный далее в этой статье. Производственные измерения не дают прямой информации о количестве использованных энергоносителей. Однако сильная корреляция между объемом производства и спросом на носители позволяет определить периоды, характеризующиеся неблагоприятными тенденциями в энергетике.

Методы, основанные на использовании энергетических показателей широко применяются для решения многих управленческих и технических задач различных уровней [5; 14]. Они применяются в статистическом анализе состояния экономики, используются для эталонного сравнения производственных процессов и для контроля эффективности реализации энергосберегающих мероприятий. Такие методы достаточно распространены при формулировании энергетической политики и при прогнозировании спроса на энергоносители. Классический подход в основном применяется для проведения анализа в макроэкономическом масштабе и предполагает определение показателей в относительно длительных промежутках времени, характерных для циклов сбора статистических данных. В то время как применение классических методов давно известно и практикуется

при периодической оценке энергоменеджмента, для текущего энергоменеджмента требуются иные решения, что в значительной степени диктуется свойствами краткосрочных измерений.

Показатели, определяемые на основе краткосрочных измерений, характеризуются значительной волатильностью. Текущие процедуры управления энергопотреблением требуют эффективных методов для установления сравнительных значений краткосрочных показателей. Эта проблема становится особенно актуальной на промышленных объектах, где существует большое разнообразие способов использования энергоносителей. В отечественных условиях, когда развитие учета и централизованного сбора данных о потреблении слабое, внедрение передовых технологий управления энергопотреблением наталкивается на многочисленные препятствия. Наиболее существенными из них являются высокая стоимость рассматриваемых проектов и низкая информированность об энергоуслугах, обусловленная отсутствием убежденности в целесообразности такой деятельности [4].

Для количественного определения значений показателей энергопотребления и повышения энергоэффективности используются две схемы расчета: сверху вниз и противоположная – снизу вверх. В нисходящей схеме расчета общее потребление энергии и производные показатели рассчитываются на центральном уровне и данные с большим масштабом агрегирования для отдельных секторов экономики. Значения определяемых показателей затем корректируются с использованием для этой цели таких параметров как структурные изменения, доли, используемое время. Результатом являются достаточно хорошие приближения значений показателей снижения энергопотребления. Этот подход не дает точных значений индикаторов/мер на уровнях детализации, однако, как правило, это более простой и менее дорогостоящий путь, чем подход снизу вверх, он позволяет анализировать тенденции.



Рис. 1. Изменение Индекса энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции IEE_i российских регионов. Построено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики.

В случае схемы снизу вверх расчет соответствующих показателей основывается на измерениях после модернизации процессов или технологий с использованием физических единиц: киловатт-часов (кВт·ч), джоулей (Дж), килограммов обычного топлива (кгпу) или килограммов нефтяного эквивалента (кгоэ). Такие измерения производятся для простых / хорошо описанных процессов или технологий, а затем агрегируются на более высоком уровне, то есть для регионов или секторов экономики.

Рост популярности решений, заключающихся в постоянном контроле носителей, в основном обусловлен развитием современных методов, средств и инструментов измерений и возможностью сбора и компьютерной обработки больших объемов данных. Обработка собранных данных является наиболее сложным этапом в процессе текущего контроля показателей. Этот этап нацелен главным образом на поиск правильной взаимосвязи между агрегированными данными, поэтому требуется адаптировать анализ к технологической специфике объекта.

Распознавание энергетических показателей рекомендуется проводить на максимальном уровне детализации, выделяя единые и максимально идентифицируемые анализируемые процессы использования энергии. Данные, получаемые таким образом, дают гораздо большие возможности интерпретации по сравнению со стандартным точечным анализом, тогда как балльные значения агрегированных показателей, таких как расход энергии на единицу продукции, делают невозможным контроль процесса на постоянной основе, поскольку содержат информацию, охватывающую все этапы производства [10].

Достоверные характеристики регионального и отраслевого энергопотребления должны отражать взаимосвязи между переменными. Противодействие избыточному потреблению электроэнергии не может ограничиваться только наблюдением за его уровнем во время происходящих процессов. Определение природы энергоносителя должно быть связано с одновременным мониторингом данных, которые могут

оказать существенное влияние на изучаемые характеристики [17].

В рамках предлагаемого подхода рекомендуется изменить сложившиеся стереотипы управляющих энергоносителями. Изменение заключается в приспособлении определяемых показателей к реальной специфике процесса, а не к привычкам и интуиции управляющих. Под текущим контролем понимается получение выводов на основе показателей, определяемых, возможно, в более короткие промежутки времени, длительность которых определяется временем, необходимым для достоверного сбора данных измерений о потреблении энергии и объеме производства.

С позиций анализа макроэкономических изменений, отражающих инновационную направленность экономической деятельности в региональном и отраслевом разрезе, представляются важными возможности пространственно-временной сопоставимости. С учетом ограничений, обусловленных неполнотой и неопределенной точностью данных, фиксируемых государственной статистикой, можно предложить методику для оценки регионального и отраслевого энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции, которая позволит определить направления распространения лучших практик между регионами со сходной направленностью инновационной деятельности.

Оценкой уровня энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции является рейтинговый балл, определяемый по следующему алгоритму:

1. Определение объема энергопотребления по каждому региону / отрасли VE_i .
2. Определение доли инновационной продукции по каждому региону / отрасли DIE_i .
3. Определение объема энергопотребления на производство инновационной продукции VIE_i i -ого региона при помощи формулы:

$$VIE_i = VE_i \cdot DIE_i. \quad (1)$$

4. Определение общего объема энергопотребления на производство инновационной продукции по всем регионам:

$$VIE = \sum_{i=1}^n VIE_i. \quad (2)$$

5. Определение при помощи метода евклидовых расстояний Индекс энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции IEE_i , расчет выполняется посредством вычитания из значения для данного региона минимального значения показателя среди всех регионов и деления результата на разность между максимальным и минимальным значениями:

$$IEE_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}. \quad (3)$$

Границы данного индекса будет находиться в пределах от 0 до 1, то есть, минимальное значение, зафиксированное у региона, приравнивается к 0, а максимальное значение – к 1.

На рисунке 1 представлено изменение Индекса энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции в регионах России, рассчитанного по описанной методике, за период с 2008 по 2021 гг.

Наибольшее значение индекса наблюдается в Тюменской области, причем данный регион продолжает оставаться лидером на протяжении анализируемого периода, постоянный мониторинг данного индекса позволяет понять, каким образом меняется энергопотребление в связи с динамикой инновационной деятельности предприятий региона. Анализ рейтингу показывает, что первые девять регионов сохранили свои позиции, как и большинство отстающих регионов, лишь некоторые из которых немного улучшили свои показатели.

Необходимо заметить, что большая часть современных исследований сосредоточена на общей взаимосвязи между технологическими инновациями и потреблением энергии и не рассматривает различия между долгосрочной и краткосрочной перспективами этой взаимосвязи [3;

7; 16]. Более того, большинство исследований сосредоточены в одном направлении – на влиянии технологических инноваций на потребление энергии, а не на двусторонних отношениях между ними [2; 8]. Данное исследование может восполнить имеющийся пробел и помочь понять, как технологические инновации и потребление энергии влияют друг на друга.

Заключение

Проведенное исследование позволило сделать ряд выводов относительно направлений развития энергетического менеджмента.

Анализ возможных способов оценки энергопотребления подтвердил, что управление энергопотреблением должно рационально сочетать подходы сверху вниз и снизу вверх и базироваться на обоснованном наборе показателей, точность измерения которых может быть оценена.

Анализ на региональном уровне более информативен с точки зрения управления, поскольку данные на национальном уровне, как правило, скрывают присущую регионам неоднородность; например, уровень экономического развития, климатические и ресурсные условия в разных регионах будут влиять на взаимосвязь между технологическими инновациями и потреблением энергии. Чтобы избежать влияния неоднородности, в настоящем исследовании были рассчитаны и проанализированы Индексы энергопотребления на технологические нужды производства инновационной продукции на региональном уровне. Полученные результаты можно использовать при разработке энергосберегающих технологий для эффективного использования существующих ресурсов за счет обнаружения и использования новых направлений повышения энергоэффективности. Систематическое применение предложенной методики позволит своевременно выявлять изменение рейтинга и вырабатывать корректирующие меры для преодоления возникающих проблем энергоэффективности, оптимизации энергоресурсов, устранение дифференциации между регионами.

Следует отметить, что вопрос: является ли инновационная продукция в определенных отраслях и/или регионах в целом более или менее энергоемкой по сравнению с традиционной выпускаемой продукцией остается открытым. В дальнейшем предложенная методика может

быть адаптирована для проектирования системы энергетического менеджмента по матричному принципу в координатах регион/отрасль, что позволит получить более точные ответы на данный вопрос.

Библиографический список

1. Алексеев В. А., Родионов Д. Г., Конников Е. А. Специфика реализации концепции устойчивого развития применительно к атомной энергетике // *Экономические науки*. — 2022. — № 215. — С. 155–161.
2. Гальперова Е. В. Анализ перспектив применения цифровых технологий в секторах экономики и их влияния на энергопотребление // *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. — 2019. — 4 (16). — С. 20–30.
3. Ефремкова Т. И. Исследование расхода электроэнергии на технологические цели в электроплавильном цехе металлургического предприятия методами корреляционно-регрессионного анализа // *Современные технологии управления*. — 2017. — 6 (78).
4. Информационная система расчета вероятностной модели незаконного энергопотребления / О. Туркина [и др.] // 2021. — 11 (165). — С. 56–65.
5. Королькова Н. А. Статистический анализ состояния и тенденций развития топливно-энергетического комплекса российской Федерации как основного звена экономической системы рентного характера // *Вестник РУК*. — 2019. — 4 (38). — С. 62–68.
6. Маркова В. М., Чурашев В. Н. Эволюция прогнозов развития мировой и российской энергетики: способ ответа на экономические вызовы // *Мир экономики и управления*. — 2020. — № 3. — С. 108–138.
7. Мизиковский И. Е. Управленческий учет затрат энергии на технологические нужды промышленных предприятий // *Сборник научных статей по бухгалтерскому учету, экономическому анализу и аудиту, посвященных юбилею заслуженного профессора ННГУ им. Н. И. Лобачевского, доктора экономических наук Е. А. Мизиковского* / под ред. И. Е. Мизиковского, Э. С. Дружиловской, А. А. Баженова. — Нижний Новгород : Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 2018. — С. 188–191.
8. Милевская И. А. Методология синтеза инноваций по оптимизации энергопотребления в экологосовместимых агротехнологиях // *Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал*. — 2010. — № 2. — С. 424.
9. Ратникова М. Ю. Современные методологические подходы к разработке региональных энергетических программ // *Финансовые рынки и банки*. — 2019. — № 2. — С. 63–71.
10. Родионов Д. Г., Дмитриев Н. Д., Дубаневич Л. Э. Построение эконометрической модели устойчивого развития промышленного предприятия // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. — 2021. — № 7–1. — С. 61–71.
11. Родионов Д. Г., Карпенко П. А., Конников Е. А. Концептуальная модель управления развитием региональных социально-экономических систем // *Экономические науки*. — 2021. — № 197. — С. 163–170.
12. Родионов Д. Г., Кулагина Н. А., Лагутенков А. А. Основные тенденции на международном рынке энергоресурсов: факты и уроки пандемии COVID-19 // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. — 2022. — № 2–2. — С. 244–250.
13. Щелоков Я. М., Мехренцев А. В., Авдеева В. С. Энергетический менеджмент как инструмент повышения эффективности технологических процессов на предприятиях лесного комплекса // *Леса России и хозяйство в них*. — 2019. — 4 (71). — С. 59–67.
14. Chen Y., Hong T., Piette M. City-Scale Building Retrofit Analysis: A Case Study using CityBES // — 08/2017. — DOI: [10.26868/25222708.2017.071](https://doi.org/10.26868/25222708.2017.071).
15. Cooling potential of greening in the urban environment, a step further towards practice, *Sustainable Cities Soc* / S. Coccio [et al.]. — 2018.
16. Jin L., Duan K., Tang X. What Is the Relationship between Technological Innovation and Energy Consumption? Empirical Analysis Based on Provincial Panel Data from China // *Sustainability*. — 2018. — 10(1). — P. 145.
17. Quantifying the impact of urban climate by extending the boundaries of urban energy system modeling / A. T. D. Perera [et al.] // *Appl. Energy*. — 2018. — No. 222. — P. 847–860.