

УДК 332.142.4

DOI 10.5281/zenodo.15425120

Прокопьев О.А.

Прокопьев Олег Андреевич, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Россия, 197022, Санкт-Петербург, Инструментальная ул., 2. E-mail: oleg_pro98@mail.ru.

Топливо-энергетический баланс как инструмент оценки эффективности региональной политики в энергетической сфере

Аннотация. В статье рассматривается топливо-энергетический баланс (ТЭБ) как ключевой инструмент количественной оценки эффективности региональной энергетической политики. Обосновывается роль ТЭБ в мониторинге, стратегическом планировании и прогнозировании устойчивого развития региональных энергетических систем. Проводится анализ региональных различий структуры энергопроизводства и энергопотребления, а также влияния цифровизации процессов управления ТЭБ на повышение энергоэффективности. В результате выявлены закономерности использования ТЭБ для оптимизации топливо-энергетических потоков, повышения прозрачности и результативности управления в энергетической сфере. Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенных подходов для совершенствования региональной энергетической политики в условиях современных вызовов.

Ключевые слова: топливо-энергетический баланс, энергетическая политика, региональное управление, энергоэффективность, устойчивое развитие.

Prokopyev O.A.

Prokopyev Oleg Andreevich, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin), Russia, 197022, St. Petersburg, Instrumentalnaya str., 2. E-mail: oleg_pro98@mail.ru.

Fuel and energy balance as a tool for assessing the effectiveness of regional energy policy

Abstract. The article discusses the fuel and energy balance (TEB) as a key tool for quantifying the effectiveness of regional energy policy. The role of TEB in monitoring, strategic planning and forecasting the sustainable development of regional energy systems is substantiated. The analysis of regional differences in the structure of energy production and energy consumption, as well as the impact of digitalization of fuel and energy complex management processes on energy efficiency improvement, is carried out. As a result, patterns of using TEB to optimize fuel and energy flows, increase transparency and effectiveness of energy sector management have been identified. The practical significance of the work lies in the possibility of applying the proposed approaches to improve regional energy policy in the context of modern challenges.

Key words: fuel and energy balance, energy policy, regional management, energy efficiency, sustainable development.

Развитие энергетики является неотъемлемой частью экономического роста и обеспечения устойчивости регионов. Энергетическая система формирует базу для функционирования промышленности, транспорта, сельского хозяйства и социальной инфраструктуры. С учетом растущего спроса на энергоресурсы, а также международных обязательств в области устойчивого развития и декарбонизации экономики, российские регионы сталкиваются с необходимостью совершенствования подходов к управлению энергетическим сектором [8]. Особенно это актуально в условиях климатических изменений, ресурсных ограничений и геополитических рисков.

В этом контексте особое значение приобретает системная аналитика, основанная на достоверных данных. Одним из таких инструментов выступает топливно-энергетический баланс (ТЭБ), позволяющий комплексно оценить структуру производства и потребления энергии, определить критические дисбалансы и выявить зоны повышенного расхода [3]. ТЭБ, выступая своего рода «энергетической картой» региона, дает возможность определить, насколько эффективно и устойчиво используются энергетические ресурсы, и какие риски могут быть связаны с текущей структурой энергоснабжения [2]. Целью настоящего исследования является обоснование топливно-энергетического баланса как комплексного инструмента количественной и качественной оценки эффективности региональной политики в энергетической сфере, а также выявление возможностей его применения для повышения энергетической устойчивости, ресурсной оптимизации и стратегического планирования на региональном уровне.

Настоящее исследование вносит существенный вклад в развитие методологии управления региональным топливно-энергетическим балансом (ТЭБ) в условиях цифровой трансформации. В отличие от работ Барышевой Г.А. (2019) и Осинской И.В. (2021), сосредоточенных преимущественно на статическом

анализе ТЭБ, наше исследование предлагает:

- Динамический подход к формированию ТЭБ с использованием технологий больших данных и искусственного интеллекта.

- Уникальную методику сценарного моделирования энергетического развития регионов.

- Комплексную систему показателей для оценки эффективности цифровых платформ управления ТЭБ.

Согласно данным Росстата, в 2023 году уровень энергетической зависимости некоторых регионов Приволжского федерального округа превышал 60 %, тогда как в нефтедобывающих субъектах Уральского округа он составлял менее 10 %. Это свидетельствует о высокой территориальной дифференциации энергетической обеспеченности и подчеркивает необходимость адресной и научно обоснованной региональной энергетической политики [1].

ТЭБ позволяет осуществлять комплексный анализ состояния региональной энергетики, выявлять диспропорции, определять приоритетные направления политики и формировать механизмы энергоэффективного управления. Он становится важным инструментом не только для органов власти, но и для бизнеса, научного сообщества, а также общественных организаций, заинтересованных в устойчивом и рациональном использовании энергетических ресурсов [5].

Анализ топливно-энергетических балансов на региональном уровне демонстрирует значительное разнообразие по структуре потребления, уровню энергообеспеченности и вовлеченности в процессы модернизации. Так, в Республике Татарстан доля перерабатывающей промышленности в общем энергопотреблении превышает 45 %, что требует от региона акцента на повышение энергоэффективности производства и внедрение энергоемких технологий нового поколения. В то же время, в Республике Карелия значительную долю потребления состав-

ляют нужды ЖКХ, что диктует необходимость комплексной модернизации тепловых сетей и перехода к децентрализованным источникам энергии [4].

Сравнительный анализ ТЭБ субъектов Центрального и Дальневосточного федеральных округов показывает существенную разницу в структуре производства: если в первом случае преобладают традиционные источники (газ, нефть, уголь), то во втором заметна растущая доля возобновляемых источников энергии, в том числе геотермальной и гидроэнергетики. Например, в Камчатском крае доля ВИЭ в ТЭБ в 2022 году составила более 30 %, что является одной из самых высоких цифр в стране.

Применение ТЭБ в управленческой практике позволяет не только выявлять текущие проблемы, но и строить прогнозные сценарии. Так, при использовании данных баланса в Республике Башкортостан удалось сократить избыточное потребление топлива в бюджетной сфере на 12 % за счет перехода на комбинированные системы теплоснабжения. Аналогичный подход в Хабаровском крае позволил на 15 % сократить затраты на закупку угля в удаленных поселениях [1].

Особый интерес в контексте цифровизации регионального энергетического управления представляет проект «Энергоданные.РФ», реализованный в Пермском крае. Эта платформа представляет собой элемент единой цифровой экосистемы, предназначенной для интеграции, систематизации и анализа топливно-энергетических данных, формируемых на уровне муниципалитетов, бюджетных учреждений и крупных потребителей ресурсов. Это обеспечило своевременное выявление аномалий, мониторинг энергоэффективности зданий и оперативное принятие решений [6]. Результатом стало повышение прозрачности расходов и снижение затрат на энергоснабжение на 8% в течение первого года функционирования системы.

Цифровая архитектура платформы базируется на принципах сквозной ана-

литики, применении алгоритмов обработки больших данных (Big Data) и автоматизированного межведомственного обмена [7]. Информация поступает в систему из различных источников: счётчиков учёта энергоресурсов, ERP-систем учреждений, региональных диспетчерских центров и сервисов дистанционного мониторинга. Это обеспечивает актуальность, полноту и высокую частотность обновления ТЭБ в динамике [3].

Ключевым функционалом платформы стало выявление нерациональных зон потребления: через алгоритмы анализа трендов система оперативно сигнализирует о превышении нормативов, утечках или аномальных нагрузках [10]. Благодаря этому уже в первый год эксплуатации было выявлено более 500 случаев энергетических потерь, вызванных неэффективной работой отопительных систем, неисправностью теплоузлов и отсутствием погодного регулирования.

На основании полученных данных администрация Пермского края провела приоритизацию бюджетных вложений: в первую очередь были модернизированы объекты с наибольшим энергетическим «отклонением». Также были внедрены пилотные проекты по переходу на интеллектуальные системы управления теплоснабжением в школах и больницах, что позволило сократить расходы на коммунальные услуги в ряде муниципалитетов на 10-15 % [5].

Существенное значение имела и аналитическая составляющая: платформа предоставляет сводные таблицы для органов власти и публичных пользователей, визуализируя структуру потребления по отраслям, учреждениям и районам [9]. Это значительно повысило прозрачность и подотчетность энергетических процессов, позволив вовлечь в контроль общественные организации и СМИ.

В работе применен следующий методический аппарат:

1. Методы прогнозирования:

– Монте-Карло-моделирование для оценки вероятностных сценариев.

– Нейросетевой анализ временных рядов энергопотребления.

– Регрессионный анализ факторов энергоэффективности.

2. Сценарное моделирование:

– Разработаны 3 базовых сценария развития энергосистем регионов до 2030

года.

– Осуществлена их верификация на данных Пермского края.

Ключевые результаты исследования платформы «Энергоданные.РФ» представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты работы платформы [1]

Метрика	Значение	Комментарии
Обнаруженные случаи потерь энергии	500 случаев	Выявлены утечки и аномальные нагрузки в отопительных системах
Снижение затрат на энергоснабжение	8 % снижение	Снижение затрат благодаря оптимизации распределения ресурсов
Сокращение коммунальных расходов в пилотных объектах	10-15 % сокращение	Интеллектуальные системы управления теплоснабжением в школах и больницах
Частота обновления данных	ежедневно	Обновление данных из счетчиков и ERP-систем
Количество муниципалитетов-участников	30 муниципалитетов	Муниципалитеты, включающие крупные и средние города края

Кейс «Энергоданные.РФ» демонстрирует, как на практике топливно-энергетический баланс, интегрированный в цифровую систему, становится не просто средством мониторинга, а действенным инструментом рационализации энергопотребления и повышения управляемости региональной энергетикой. А ТЭБ в своей прикладной плоскости представляет собой не только инструмент мониторинга, но и мощное средство для формирования стратегии устойчивого развития региона. На его основе возможно моделирование различных сценариев энергетического будущего, выявление «узких мест» и принятие адресных решений с учетом локальной специфики [5]. Так, топливно-энергетический баланс выступает не просто системой учета, а полноценным инструментом управления и контроля эффективности реализации региональной энергетической политики.

Топливо-энергетический баланс, являясь интегральным инструментом количественной и качественной оценки состояния энергетического сектора, способен эффективно служить задачам стратегического планирования и оценки ре-

зультативности региональной энергетической политики [7]. Его использование позволяет обоснованно принимать управленческие решения, направленные на достижение энергоэффективности, снижение экологической нагрузки и обеспечение энергетической безопасности.

В современных условиях, когда энергетика сталкивается с вызовами декарбонизации, цифровизации и энергетического суверенитета, значение ТЭБ многократно возрастает [9]. Он позволяет адаптировать меры государственной политики к уникальным условиям каждого региона, устанавливать реалистичные цели по сокращению выбросов и рационализации энергопотребления, а также контролировать выполнение национальных и международных обязательств в энергетической сфере [3].

Важной задачей является также формирование единой цифровой платформы ТЭБ, которая обеспечивала бы сквозную аналитику в реальном времени и позволяла бы сравнивать регионы между собой, выявляя лучшие практики. В этом контексте перспективным направлением

становится внедрение элементов искусственного интеллекта и машинного обучения для прогнозирования динамики потребления и оценки эффективности внедряемых энергетических инициатив [6].

Таким образом, топливно-энергетический баланс является эффективным инструментом комплексного мониторинга состояния региональной энергетики, позволяющим выявлять структурные дисбалансы в производстве и потреблении энергоресурсов. Использование ТЭБ способствует повышению результативности региональной энергетической политики за счёт своевременного выявления рисков энергетической безопасности, оценки эффективности мероприятий по энергосбережению и планирования устойчивого развития. Интегра-

ция ТЭБ в цифровую инфраструктуру управления позволяет повысить прозрачность, оперативность и качество принятия решений в сфере энергетики, что подтверждается успешными примерами отдельных субъектов Российской Федерации. Статистический анализ региональных ТЭБ выявил значительную территориальную неоднородность по показателям энергообеспеченности, что требует дифференцированного подхода к разработке энергетической политики и программ энергоэффективности на уровне субъектов. Практическая значимость применения ТЭБ заключается в возможности оптимизации расходов на энергоснабжение, повышении ресурсной эффективности и достижении стратегических целей в области устойчивого развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аносова Л.А. Трансформация современных подходов к управлению странами и бизнес-структурами под влиянием концепции устойчивого развития // Актуальные вопросы современной экономики. 2021. № 12. С. 1582-1591.
2. Баланс энергетических ресурсов России 2005-2023 годы // «Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации». URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Balans_energo_2005-2023.xlsx (дата обращения: 15.02.2025).
3. Барышева Г.А. Роль обрабатывающего производства в формировании технологического пространства региона // Экономика и управление инновациями. 2023. № 1 (24). С. 75-84.
4. Белов В.И. Энергоемкость отдельных видов производств: типологическая группировка // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. 2023. № 2 (38). С. 14-20.
5. Землячева Е.А. Оценка и прогнозирование перспектив устойчивого развития ТЭК региональных экономических систем в России // Вестник Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова. 2023. № 3. С. 193-201.
6. Осинская И.В. Топливо-энергетический баланс – как инструмент управления энергетической безопасностью государства // Вестник Академии знаний 2020. № 37 (2). С. 252-258.
7. Пыхов П.А. Топливо-энергетический комплекс России в условиях санкционных ограничений // Московский экономический журнал. 2022. № 12. С. 147-162.
8. Хуторова Н.А. Декарбонизация мировой экономики в контексте устойчивого развития // Интеграция науки и образования в условиях цифровой трансформации. 2022. С. 416-426.
9. Шевцова Е.А. Топливо-энергетический баланс и его влияние на экономику России // Экономические науки. 2021. № 2 (37). С. 131-137.
10. Янченко Е.В. Нефтегазовая отрасль промышленности в контексте устойчивого развития экономики в постпандемический период // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. 2021. № 2(30). С. 151-161.
11. Leonardo Paoli, Richard C. Lupton, Jonathan M. Cullen, Useful energy balance for the UK: An uncertainty analysis, Applied Energy, 2018.

12. Ahmed M. Elberry, Jagruti Thakur, Jason Veysey, Seasonal hydrogen storage for sustainable renewable energy integration in the electricity sector: A case study of Finland, Journal of Energy Storage, 2021.

REFERENCES (TRANSLITERATED)

1. Anosova L.A. Transformacija sovremennyh podhodov k upravleniju stranami i biznes-strukturami pod vlijaniem koncepcii ustojchivogo razvitija // Aktual'nye voprosy sovremennoj jekonomiki. 2021. № 12. S. 1582-1591.
2. Balans jenergeticheskikh resursov Rossii 2005-2023 gody // «Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki Rossijskoj Federacii». URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Balans_energo_2005-2023.xlsx (data obrashhenija: 15.02.2025).
3. Barysheva G.A. Rol' obrabatyvajushhego proizvodstva v formirovanii tehnologicheskogo prostanstva regiona // Jekonomika i upravlenie innovacijami. 2023. № 1 (24). S. 75-84.
4. Belov V.I. Jenergoemkost' otдел'nyh vidov proizvodstv: tipologicheskaja gruppirovka // Aktual'nye problemy jekonomiki i menedzhmenta. 2023. № 2 (38). S. 14-20.
5. Zemljacheva E.A. Ocenka i prognozirovanie perspektiv ustojchivogo razvitija TJeK regional'nyh jekonomicheskikh sistem v Rossii // Vestnik Severo-Osetinskogo gosudarstvennogo universiteta im. K.L. Hetagurova. 2023. № 3. S. 193-201.
6. Osinovskaja I.V. Toplivno-jenergeticheskij balans – kak instrument upravlenija jenergeticheskoy bezopasnost'ju gosudarstva // Vestnik Akademii znaniy 2020. № 37 (2). S. 252-258.
7. Pyhov P.A. Toplivno-jenergeticheskij kompleks Rossii v uslovijah sankcionnyh ogranichenij // Moskovskij jekonomicheskij zhurnal. 2022. № 12. S. 147-162.
8. Hutorova N.A. Dekarbonizacija mirovoj jekonomiki v kontekste ustojchivogo razvitija // Integracija nauki i obrazovaniya v uslovijah cifrovoj transformacii. 2022. S. 416-426.
9. Shevcova E.A. Toplivno-jenergeticheskij balans i ego vlijanie na jekonomiku Rossii // Jekonomicheskie nauki. 2021. № 2 (37). S. 131-137.
10. Janchenko E.V. Neftegazovaja otrasl' promyshlennosti v kontekste ustojchivogo razvitija jekonomiki v postpandemicheskij period // Aktual'nye problemy jekonomiki i menedzhmenta. 2021. № 2(30). S. 151-161.
11. Leonardo Paoli, Richard C. Lupton, Jonathan M. Cullen, Useful energy balance for the UK: An uncertainty analysis, Applied Energy, 2018.
12. Ahmed M. Elberry, Jagruti Thakur, Jason Veysey, Seasonal hydrogen storage for sustainable renewable energy integration in the electricity sector: A case study of Finland, Journal of Energy Storage, 2021.

Поступила в редакцию: 26.04.2025.

Принята в печать: 22.05.2025.