

**АНАЛИЗ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МОДЕРНИЗАЦИИ
РОССИЙСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ***

Алла Александровна НИКОНОВА

кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник,
Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Российская Федерация
prettyal@cemi.rssi.ru

История статьи:

Получена 13.09.2017
Получена в доработанном
виде 22.09.2017
Одобрена 09.10.2017
Доступна онлайн 22.12.2017

УДК 303.732.4; 330.341;
338.312

JEL: D61, E22, O30, Q43

Аннотация

Предмет. Отсталость материально-технической базы негативно влияет именно на эффективность использования ресурсов, тогда как климат, «тяжелая» структура экономики, громадная территория страны влияют на интенсивность использования энергоресурсов. Исследованы фундаментальные факторы состояния и развития топливно-энергетического комплекса, определяющие уровень энергоэффективности и возможность активного обновления технологий. Актуальность исследования обусловлена крайне низким уровнем и темпами повышения энергоэффективности в России.

Цели. Необходимо понять причины, по которым большинство целевых индикаторов стратегий и программ не достигнуто, определить пути обновления ТЭК на базе производительных энергетических технологий. Для этого разрабатывается системная парадигма стратегического планирования и управления инновациями на основе положений общей теории систем. Исследование сфокусировано на технико-технологических аспектах развития энергетических отраслей.

Методология. Системный анализ используется как часть системной теории, развиваемой применительно к экономике в Центральном экономико-математическом институте РАН. Предметом системного анализа являются характеристики взаимосвязанных подсистем, связи и результаты влияний. Системный анализ направлен на получение адекватных оценок ситуации в ее динамике, используемых для принятия стратегических и тактических решений.

Результаты. Определены ключевые точки провалов, связанные с материально-вещественными факторами: возрастной структурой основных средств, низкими темпами выбытия мощностей и введения новых продуктивных технологий и др. Вместе с тем обсуждаются способы измерения энергоэффективности, от которых зависят значения соответствующих индикаторов.

Выводы. Системные оценки показывают, что качество технологического оснащения играет значимую роль для перспектив эффективного развития энергетических отраслей. В управлении процессами обновления ТЭК следует руководствоваться системными принципами анализа с позиций отраслевой и народнохозяйственной эффективности, безопасности и устойчивости.

Ключевые слова: стратегия, энергетические ресурсы, основные фонды, новые технологии, системный подход

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

Для цитирования: Никонова А.А. Анализ материально-технологических факторов модернизации российской энергетики // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2017. – Т. 16, № 12. – С. 2290 – 2315.
<https://doi.org/10.24891/ea.16.12.2290>

Постановка задачи и цель исследования

Чрезвычайно низкая энергетическая эффективность российской экономики создает значительные угрозы безопасности и устойчивости в силу той огромной роли, которую играет топливно-энергетический комплекс в национальном хозяйстве [1–3]. Пути повышения энергоэффективности разрабатываются отечественными

исследователями и специалистами с различных сторон:

- в масштабных модельных расчетах и прогнозах энергопотребления, топливно-энергетического баланса по различным сценариям, определяющим перспективы экономического роста в России [4];
- в рамках моделирования и долгосрочного прогнозирования отраслей ТЭК [3];

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 15-02-00229(а).

- в связи с негативными последствиями реформирования отраслей ТЭК, в частности, электроэнергетики [5];
- с позиций оценки состояния экономики при помощи материальных показателей и исследования энергоэффективности в зависимости от структуры экономики и экспорта товаров определенного уровня передела [6].

Нам известны также другие исследования, выполненные при разработке энергетических стратегий и госпрограмм, которые использованы в данной работе, все они направлены на повышение энергоэффективности¹. Практически ни одно из целевых значений ключевых показателей, в том числе снижения энергоемкости, не было достигнуто.

Для улучшения обоснованности стратегического планирования и

¹ О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики. Указ Президента Российской Федерации от 04.06.2008 № 889; О схемах и программах перспективного развития электроэнергетики: постановление Правительства Российской Федерации от 17.10.2009 № 823 (с изм. и доп. от 12.08.2013, 17.02.2014, 23.01.2015, 16.02.2015); Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ; О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности: постановление Правительства Российской Федерации от 31.12.2009 № 1225 (с изм. и доп. от 17.12.2010, 15.07.2013 и 22.07.2013); О порядке установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности (с изм. и доп. от 16.05.2014 и 27.09.2016): постановление Правительства Российской Федерации от 15.05.2010 № 340; Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»: распоряжение Правительства Российской Федерации от 27.12.2010 № 2446-р (утратило силу); Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики»: распоряжение Правительства Российской Федерации от 03.04.2013 № 512-р; Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики»: постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 321 (с изм. и доп. от 09.10.2015, 07.12.2015, 25.05.2016, 02.08.2016, 30.11.2016, 31.01.2017, 31.03.2017) (далее – госпрограммы энергоэффективности 2010, 2013, 2017); Об Энергетической стратегии России на период до 2020 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.08.2003 № 1234-р (утратило силу); Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 № 1715-р; проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года: ред. от 11.03.2014, 15.09.2015, 01.02.2017 (далее – ЭС-2020, 2003; ЭС-2030, 2009; ЭС-2035, 2014 и ЭС-2035, 2017).

управления экономическими объектами требуется применять системные принципы, предписывающие опираться на адекватные оценки состояния объектов трансформации. Поэтому в данном случае мы придерживаемся подхода В.В. Бушуева и его исследовательского коллектива, более других приблизившихся к использованию положений системной теории для разработки общесистемной концепции энергетики и измерения энергоэффективности с позиций социально-экономической системы в целом² [7, 8].

Разработка системных механизмов планирования и управления нацелена на создание целостной системы инновационного развития ТЭК [9], начиная с фундаментальных принципов ее формирования и определения вектора прорывных технологий до интеллектуального проектирования не только отдельных энергоустановок, но и энергетических комплексов, а также подготовки кадров для их освоения [9, с. 66–67]. В исследовании материальных и нематериальных факторов, влияющих на состояние и динамику энергетических отраслей, мы опираемся на труды Н.И. Воропая и ученых Сибирского отделения РАН [10–12].

С нашей точки зрения, глубинные причины низкой энергоэффективности в России коренятся в системных диспропорциях экономики и общества. Поэтому для реализации общесистемных целей повышения полноты и безопасности энергообеспечения по доступным ценам с учетом сохранения на определенном этапе экспортной направленности углеводородной энергетики требуется системный подход к разработке механизмов обновления ТЭК и создания эффективной передовой энергетики в России. Такой подход рассматривает объекты трансформации, предприятия, отраслевые комплексы, ТЭК, экономику в целом как сложные социально-экономические системы в структуре

² Бушуев В.В. Энергоэффективность (социально-технические и экономические аспекты). URL: http://www.energystrategy.ru/stat_analit/stat_analit.htm; Бушуев В.В. Энергоэффективность и посткризисное развитие. URL: http://www.energystrategy.ru/stat_analit/stat_analit.htm.

отдельных элементов и подсистем, темно связанных друг с другом, с ближним и дальним окружением. Развиваемая системная парадигма разработки механизмов развития ТЭК дает правила выбора новых технологий и способов управления в единстве с нормативными составляющими среды и соотношении с запросами к научно-образовательному сектору.

Факторы эффективности и устойчивости системы тесно взаимосвязаны. С системных позиций устойчивость развития социально-экономической системы базируется на четырех столпах: социальное развитие, сохранение экологии, эффективное расходование ресурсов, прогресс науки и техники. Системная парадигма наиболее полно соответствует концепции устойчивого развития: принятие решений предполагает ориентироваться на передовые технологии в целях эффективного использования ресурсов, сохранения экологии, достижения социальных целей в контексте динамично меняющегося внешнего окружения. Обновление материально-технической базы ТЭК рассматривается как способ повысить производительность энергетических производств, сократить издержки и потери, добиться неуклонных темпов повышения энергетической эффективности, поддерживать устойчивость энергетической системы и экономики, несмотря на кризисное состояние страны и давление неблагоприятных внешнеэкономических и геополитических факторов. Вместе с этим глобальная политика сокращения выбросов может кардинально изменить лицо энергетической системы, отдельной отрасли и свести на нет планы разработки запасов и совершенствования традиционных технологий. Системный подход позволяет исследовать энергетические объекты любого уровня иерархии с учетом изменения локальных и глобальных тенденций. С системных позиций общесистемные цели устойчивости, конкурентоспособности, безопасности (включая доступность

энергии) выступают как народнохозяйственные критерии энергетической эффективности.

С позиций общей теории систем [13, 14] в приложении ее к экономике Г.Б. Клейнер выделил несколько ключевых подсистем в структуре экономического объекта как системы [15, 16]:

- 1) ментальную (восприятие, мышление, способности, которые проявляются на уровне отдельных индивидов при исполнении экономических функций и личностном поведении);
- 2) культурную (ценности, оценки важности, элементы организационной культуры);
- 3) институциональную (нормы, правила, установления, традиции, определяющие в конечном счете способы взаимодействия элементов в структуре системы);
- 4) когнитивную (механизмы познания и их продукт, то есть знания);
- 5) технико-технологическую (механизмы производства, организации, управления);
- 6) имитационную (образцы поведения экономических объектов);
- 7) историческую (собственный опыт функционирования экономической единицы).

Взаимодействие подсистем в динамике изменений каждой из них воспроизводит изменение экономического объекта в целом. Каждая из подсистем определенным образом влияет на другую. Изменение первых четырех подсистем происходит только в долгосрочном периоде. Изучение энергетических объектов с учетом таких взаимосвязей и взаимных влияний в разрезе указанных подсистем является в данной статье предметом системного анализа, который представляет собой часть методологии системной теории. Системный анализ направлен на получение как можно более реалистичной картины объекта и зависимостей факторов, необходимых для

снижения неопределенности в принятии решений, разработки стратегий и механизмов управления.

Модель экономики, качество управления, уровень и состояние технологий имеют решающее значение для энергоэффективности и объясняют во многом отставание отечественной энергетики. Ввиду специфики энергетических отраслей, видом деятельности которых является добыча и переработка топливно-энергетических ресурсов, генерация, передача и сохранение энергии, особую значимость приобретает *технологический аспект функционирования организаций ТЭК*, связанный с характером применяемых технологий, состоянием материально-технической базы, производительностью оборудования. Мы исследуем фундаментальные факторы, связанные с состоянием материально-технической базы ТЭК, оставляя в стороне организационно-экономические и рыночные факторы энергоэффективности и устойчивости национальной экономики, включая валютные курсы, цены, тарифы и др. Определение наиболее существенных изъянов в материально-технологических аспектах развития ТЭК, негативно влияющих на энергоэффективность российской экономики, дополняет и углубляет результаты системного анализа, выполненного в разрезе других подсистем социально-экономической системы для разработки стратегии и научно обоснованных механизмов обновления ТЭК³.

Энергетическая эффективность и способы измерения

В анализе энергоэффективности целесообразно выделять две группы факторов:

- 1) макроэкономические характеристики – валютный курс и факторы, связанные с особенностями страны и модели

экономики (климат, погодные катаклизмы, амплитуда температур, масштаб территории страны, структура экономики, включая долю энергоемких видов деятельности);

- 2) мезо- и микроэкономические характеристики – факторы, связанные с качеством применяемых способов производства, управления и организации – основных фондов, технологий, человеческих навыков и компетенций, методов планирования и управления, то есть всего того, что определяет производительность труда и оборудования.

Наше исследование в основном сфокусировано на второй группе факторов, которые более чем первая группа подвержены изменениям, в том числе в краткосрочном периоде. Эти факторы определяют эффективность использования ресурсов, включая энергоресурсы, и этим вносят свой вклад в общий уровень интенсивности энергетических затрат на производство ВВП, обусловленной кумулятивным влиянием факторов обеих групп. В российской и зарубежной статистике фигурирует зачастую именно такой интегральный результат влияния всех факторов, обозначают его как индикатор энергоэффективности, в частности, из-за простоты расчета, как отношение ВВП (или ВРП) к объему затраченных энергетических ресурсов. По сути, это энергоинтенсивность ВВП, тогда как нас интересует более энергоэффективность, поскольку она ближе всего отражает уровень производительности, то есть эффект влияния материально-технологических факторов, которые составляют предмет анализа в данной статье.

Согласно применяемому на практике общему индикатору энергоэффективности (на самом деле – интенсивности) экономики, Россия далеко позади индустриально развитых стран, а также стран, сопоставимых по климатическим условиям (*рис. 1*).

³ *Никонова А.А.* Системный анализ в разработке механизмов обновления российской энергетики // *Экономический анализ: теория и практика*. 2017. Т. 16. Вып. 10. С. 1812–1839.

Уровень энергоемкости (значение показателя, обратного энергоэффективности) производства важнейших отечественных промышленных продуктов выше среднемировых в 1,2–2 раза и выше лучших мировых образцов в 1,5–4 раза⁴. В целом рост так называемой энергоэффективности в 1990–2007-х гг. был вызван прежде всего изменением структуры экономики – сокращение разрыва не заметно, если не учитывать структурных факторов. В сочетании с высокими ценами производителей на топливно-энергетические ресурсы низкая энергоэффективность снижает конкурентоспособность отечественных промышленных отраслей, повышает затраты и цены на энергию для конечных потребителей.

Уровень энергетической интенсивности ВВП, как и энергоэффективности, помимо указанных факторов, зависит от способов измерения – от критериев оценки и используемых показателей. В официальной статистике в качестве индикаторов энергоэффективности, как правило, применяются два вида показателей:

- удельные индикаторы, измеряющие энергоемкость ВВП и электроемкость ВВП, которые рассчитываются как отношение соответственно суммарных топливно-энергетических затрат или электроэнергии к годовому объему ВВП; через обратные отношения измеряются уровни так называемой энергетической эффективности (фактически – интенсивности);
- в электроэнергетике и теплоэнергетике применяются показатели коэффициентов полезного действия по видам потребляемого топлива и обратные к ним показатели, а именно – удельного расхода топлива на производство тепла и энергии.

В Энергетической стратегии России целевые значения для таких показателей определены для страны в целом и для

нескольких секторов ТЭК с разбивкой на три этапа (*табл. 1*).

Изменение экономической ситуации, недостаточность качественных сдвигов в развитии ТЭК обусловили необходимость корректировки проекта Энергетической стратегии до 2035 года. В проекте новой стратегии рост производительности в использовании всех видов топлива предполагается более медленным, чем в предыдущей стратегии (*табл. 2*). По приведенным в документах значениям показателей двух стратегий темпы снижения энергоемкости плохо сопоставимы, так как проект стратегии до 2035 г. менее конкретизирован, но в проекте они ниже, чем запланировано в стратегии до 2030 г.

В современной экономической литературе приводятся доводы в пользу применения при принятии стратегических решений традиционных показателей энергоемкости экономики как отношения совокупных затрат энергии к ВВП (или обратного к нему показателя – энергетической эффективности экономики), даже при условии расчета его по ППС. Справедливо считается, что такие оценки пригодны для измерения интенсивности использования энергии в масштабах страны, поскольку значения оценок зависят не только от технологических способов использования энергоносителей, но также от множества других, может быть, более существенных факторов, но мало связанных с производительностью в добыче, переработке, генерации и передаче энергии. Для таких оценок важнее структура экономики («тяжелая» или с превалированием сферы услуг), размер страны (влияющий на транспортные расходы), климат (определяющий потребность в тепловой энергии), структура энергобаланса, валютный курс; уровень развития, величина добавленной стоимости, среднедушевой ВВП, традиции, стиль жизни. К примеру, аутсорсинг, резко меняет структуру добавленной стоимости (и уровень энергоемкости ВВП).

⁴ ЭС-2035, 2017. С. 43; World Bank: Data Bank.
URL: <http://data.worldbank.org/indicator/EG.GDP.PUSE.KO.PP.KD>

Энергетическую эффективность трудно, да и не нужно мерить единым показателем для страны в целом⁵.

Степень реалистичности оценок эффективности определяется достоверностью и уровнем детализации информации. Используемые иногда в зарубежной практике безразмерные оценки EROEI (energy returned on energy invested) измеряют отношение полученной энергии к затраченной и несут смысл энергетической рентабельности, поэтому они применимы скорее к конечным продуктам и конкретным секторам экономики, где можно точнее подсчитать результаты и затраты, в том числе по видам энергоресурсов. Более точно показатели эффективности энергетических затрат могут быть рассчитаны в электроэнергетике – отдельно по расходу угля, нефти и природного газа в производстве электроэнергии, а также по суммарным затратам всех трех видов ископаемого топлива (рис. 2).

Для расчета показанной интегральной оценки эффективности производства энергии E_t за счет всего объема ископаемого топлива используемые объемы суммируются по трем видам затрат энергоресурсов (нефть, газ, уголь) в единицах условного топлива с соответствующими переводными коэффициентами: $I_t = I_{ot} + I_{gt} + I_{ct}$.

Оценки эффективности производства электроэнергии рассчитаны как отношение общего объема выработки электричества P_{it} и тепла H_{it} к объему используемого ископаемого топлива i -го вида I_{it} :

$$E_{it} = (P_{it} + s_i \times H_{it}) / I_{it},$$

где s_i – коэффициент перевода тепловой энергии в электрическую.

⁵ Бушнев В.В. Энергоэффективность (социально-технические и экономические аспекты).

URL: http://www.energystrategy.ru/stat_analit/stat_analit.htm; Energy Efficiency Indicators for Public Electricity Production from fossil fuels.

URL: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/En_Efficiency_Indicators.pdf

Значения оценок энергоэффективности генерации энергии зависят от видов используемых энергоносителей, применяемых технологий, мер по снижению затрат. Такие меры активно применялись в ряде переходных экономик и развивающихся стран в 1990–2000-е гг. К примеру, за счет перехода на наиболее эффективную на сегодня парогазовую технологию (применение газовых турбин комбинированного цикла, CCGT), достигающую эффективности на уровне 60%, значительно выросла эффективность генерации энергии в Индии и Бразилии. В 2012 г. в России КПД газовых электростанций был 38% (табл. 2). Широкое использование когенерационных установок с использованием газовых турбин малой и средней мощности и котлов утилизаторов для выработки электрической и тепловой энергии позволит увеличить коэффициент использования топлива до 90% [17].

В связи с объективным различием в эффективности использования угля, нефти, газа и других энергоресурсов, эффективность энергетики в экономике в целом зависит как от структуры экономики, так и от структуры используемого топлива. Структурный анализ производительности электроэнергетики выявляет относительно низкий ее уровень в Российской Федерации и значительный потенциал роста путем перехода на современные газовые технологии. Необходимость в них усилена из-за доминирования газа в топливно-энергетическом балансе России.

Один из факторов отставания – структурный перекос российской экономики в сторону производства товаров начального передела, хотя он объясняет скорее дефекты экономической модели, а не только расточительные способы использования ресурсов.

Общий экспорт товаров из России, по статистике ООН, в 2007 г. составил 874 млн. т, из них энергоносителей – 636 млн. т и остальных товаров по средней цене 0,45 долл./кг – 239 млн т. Очевидно, что

преимущественно это товары начального предела. Если учесть энергозатраты, которые необходимы для их производства, то получается, что суммарный экспорт энергии из России (в виде энергоресурсов и в товарной форме) составляет около 840 млн т н.э., или 65% от всех энергоресурсов, добываемых в России. Энергия, которая остается для внутреннего потребления, то есть та энергия, которую граждане России расходуют на обеспечение своей жизни – менее 3 т н.э. на человека (среднее по миру значение – около 2 т н.э. на человека). В то же время в развитых странах с учетом экспорта энергии в товарной форме – около 8 т н.э. на человека. Граждане России в домашнем хозяйстве потребляют электроэнергии в два с лишним раза меньше, чем средний гражданин Европы⁶.

Вместе с тем совокупность других внутренних негативных факторов и условий – массовый моральный и физический износ фондов, особенно оборудования и коммуникаций, старые неэффективные технологии получения и хранения энергии, относительно невысокая глубина переработки нефти, потери в сетях – существенно снижает эффективность энергетики, энергопроизводительность и КПД при генерации энергии, увеличивает загрязнение атмосферы, выбросы серных окислов, диоксида углерода CO₂.

Коэффициент полезного действия определяется как отношение использованной полезной энергии к суммарному количеству полученной на станции энергии и измеряется в процентах. В России в 2012 г. КПД угольных станций составлял 34%, газовых – 38%, атомных – 32%⁷. В среднем, в Российской Федерации КПД ТЭС составляет 36,6%, в развитых странах – 39–41,5% [11, с. 17]⁸.

Глубина переработки нефти составила 72% в 2009 г.; 71,1% – в 2010 г., 71% – в 2011 г.,

71,2% – в 2012 г., 72,4% – в 2014 г.; 79% – в 2016 г.⁹. В проекте Энергетической стратегии России на период до 2035 года намечен рост до 83–85% к 2020–2022 гг., до 90–91% – к 2035 г. Уровень эмиссии CO₂ планировался в действующей на настоящее время энергетической стратегии не выше 105% к 2030 г. от уровня 2005 г., а снижение удельных выбросов в воздух, сброса стоков и отходов – до 50%. В проекте новой стратегии уровень эмиссии парниковых газов к 2035 г. предполагается до 106% от уровня 2014 г.

Особенно неэффективна теплоэнергетика: по данным Росстата, при существующих ценах ее затраты почти на 7% превышают товарный выпуск (поставки тепла). То есть ценовые факторы существенно влияют на энергетическую эффективность экономики, ее звеньев и отдельных производств.

Более детальный и объективный анализ причин перерасхода энергоресурсов может быть выполнен при помощи оценок энергетической производительности, определяющих эффективность на уровне конкретных производственных звеньев энергетической системы с учетом специфики создаваемых на их уровне результатов и затраченных ресурсов. Так, по отдельным позициям продуктов, работ и услуг российских предприятий расход энергии снижается (в нефтепереработке, производстве труб, апатитового концентрата, фосфатных удобрений, волокон и нитей химических, древесноволокнистых плит твердых, строительного стекла, панелей и других конструкций для крупнопанельного домостроения, конструкций и изделий сборных железобетонных и пр.), по другим – растет. К последней группе относятся нефтедобыча, бурение газовых скважин, электроферросплавы, огнеупорные изделия, спирты (бутиловый и изобутиловый), лакокрасочные материалы, ацетилен, литье чугуна и стальное (без термообработки), материалы строительные нерудные (в 2–3

⁶ Пономарев-Степной Н.Н., Цибульский В.Ф. Поиски формулы энергоэффективности // Независимая газета от 08 декабря 2009 г.

⁷ ЭС 2035, 2014. С. 217.

⁸ В более поздней редакции (2017 г.) проекта Энергетической стратегии России на период до 2035 года о КПД умалчивается.

⁹ Эффективность экономики России, 2017.

URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/#

раза) и др.¹⁰. Анализ факторов повышения расхода энергии будет способствовать поиску мероприятий по ее экономии.

Для стран-экспортеров более точная оценка энергоэффективности ТЭК \mathcal{E}_Φ может быть получена с учетом полного объема энергоресурсов – как экспортируемых $TЭР_{\text{эсп}}$, так и потребляемых внутри страны $TЭР_{\text{потр}}$:

$$\mathcal{E}_\Phi = ВВП / (TЭР_{\text{потр}} + TЭР_{\text{эсп}}).$$

В таком измерении отставание России от соответствующих стран вырастет в несколько раз. Оценки макроэкономической энергоэффективности могут быть получены при помощи отношения величины прироста национального богатства к затратам всех энергетических ресурсов. Это позволяет более обоснованно выполнять межстрановой анализ, а также изучать влияние не только энергетических затрат, ценовой политики, технологической модернизации, экспортно-импортной политики, но и результатов выбора приоритетных направлений в структурной и социально-экологической политике государств¹¹.

Социальная энергоэффективность $K_{\text{сз}}$ может быть измерена при помощи отношения прироста человеческого капитала ΔC_k и социального ΔC_k к приросту затрат топливно-энергетических ресурсов $TЭР$:

$$K_{\text{сз}} = (\Delta C_k + \Delta C_k) / TЭР.$$

Возможности снижения издержек и способы улучшения организации производства на микроуровне могут быть исследованы на основе отношения капитализации к энергетическим затратам в стоимостном выражении¹².

¹⁰ Технологическое развитие отраслей, 2017.

URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/economydevelopment/

¹¹ Бушуев В.В. Энергоэффективность (социально-технические и экономические аспекты).

URL: http://www.energystrategy.ru/stat_analit/stat_analit.htm

¹² Бушуев В.В. Энергоэффективность и посткризисное развитие.

URL: http://www.energystrategy.ru/stat_analit/stat_analit.htm

Энергоэффективность отдельных установок достаточно точно характеризуется уровнем их КПД, измеряющим производительность энергозатрат.

Таким образом, помимо улучшения структуры экономики проблема роста энергоэффективности в России сводится к двум составляющим: энергосбережению и энергопроизводительности (рис. 3).

Согласно оценкам, дифференцированным по экономическим объектам, энергосбережение путем сокращения потерь чрезвычайно важно, но оно не даст большего эффекта в целом, по сравнению с ростом второй составляющей – энергопроизводительности.

Энергосберегающие проекты привлекательны с экономической и социально-психологической точек зрения, однако практически не реализуются в прямом виде, поскольку сэкономленный ресурс не имеет формы товара. Внедрение приборов учета (обязательное требование государственных программ) прямого энергосберегающего эффекта не дает, хотя способствует правильному отношению к этой задаче. Однако реальный эффект снижения издержек реализуется только в комплексных задачах модернизации производства [2, с. 3]. Введение новейших технологий на базе перевооружения генерирующего и прочего использующего энергоресурсы оборудования будет способствовать росту энергоэффективности за счет роста именно производительности.

Таким образом, исследуемые значения энергоэффективности зависят как от особенностей экономики и способов использования ресурсов, определяющих продуктивность, так и от правильности методов оценки и статистики. Кстати, совершенствование системы показателей результативности государственной энергетической политики входит в стратегические планы правительства¹³. В первой редакции проекта Энергетической стратегии России на период до 2035 г.

¹³ ЭС-2035, 2014. С. 88.

понимание энергоэффективности наконец-то было расширено. Оно не ограничивается энергосбережением и подкреплено разработкой способов улучшения энергопроизводительности, соответствующих индикаторов. Кроме того, 15 апреля 2014 г. Правительством Российской Федерации утверждена государственная программа «Энергоэффективность и развитие энергетики», где направления энергосбережения дополнены мерами по повышению производительности. В то же время в последних редакциях госпрограммы и проекта энергостратегии до 2035 г. уделяется, на наш взгляд, недостаточно внимания возможным способам повышения производительности, в том числе за счет КПД, может быть, из-за сжатости текстов обоих документов. Результаты анализа выявляют влияние системных факторов на динамику эффективности, тогда и методы повышения ее должны быть системными.

Факторы эффективности и технологической устойчивости российской энергетики

Энергоэффективность отдельных подсистем и национального хозяйства в целом обусловлена технологическим уровнем отдачи производственных факторов, спецификой экономики и ее структуры, ценообразованием, другими позитивными и негативными феноменами, связанными с культурой потребления, умением правильно распоряжаться ресурсами и координировать взаимодействие генерирующих и распределяющих структур (рис. 4).

Согласно системному представлению об источниках эффективности использования энергоресурсов в группу первичных факторов входят исторические, экономические, материально-технические, институциональные, научно-информационные, социокультурные и ментальные факторы, связанные с состоянием и развитием указанных в начале статьи семи общественных подсистем, кроме того, климатические и географические особенности.

Ко вторичным факторам относятся эксплуатационные характеристики сетей и оборудования, экологические ограничения, качество управления, кредитно-финансовые и ценовые факторы, а также качество технологической среды, включая предложение новых технологий со стороны исследовательского сектора и их абсорбцию энергетическими организациями. Отсутствие мотиваций и платежеспособного спроса на инновации замедляет обновление ТЭК, сдерживает рост энергоэффективности в генерации и использовании энергии.

Как отмечалось ранее, низкая производительность в России связана в основном с применением устаревших технологий, генерирующего и эксплуатационного оборудования. По ряду оценок, энергоемкость может быть снижена в 2–10 раз в результате перехода на новые технологии. Например, в черной металлургии – на непрерывное литье проката, бескомпрессорные турбины, кислородно-конвертерные печи. По оценке, можно утилизировать приблизительно 1/3 попутного нефтяного газа от объема, сжигаемого в факелах. При существующих ценах на попутный газ это может принести дополнительный доход до 2,3 млрд долл. в год¹⁴. Продвижение в этом направлении наиболее ощутимо: уровень использования попутного газа вырос до 87,6% в 2015 г.

Низкий уровень энергосбережения вызван прежде всего использованием энергоемкого оборудования и изношенных сетей, значительными потерями при передаче и распределении энергии. За 1991–2012 гг. относительные потери электроэнергии в сетях выросли более чем в полтора раза [17, с. 5]. Ежегодные потери тепловой энергии и электроэнергии на стадии потребления и транспортировки оцениваются соответственно от 9 до 11% (2015 г.), в 2016 г. потери в электросетях составили 9,83%¹⁵. Минимально допустимые потери в ОЭСР составляют 6–8%. Отсутствие

¹⁴ Энергоэффективность в России: скрытый резерв. Отчет Всемирного банка. 2009. URL: http://www.ksr-rspp.ru/strategy2020/long/1/energoeffektivnost_v_rossii.pdf

статистики и учета теплоснабжения в Российской Федерации ведет не только к занижению потерь и покрытию потребителями излишних затрат энергоресурсов, но также к снижению стимулов к рациональному хозяйствованию и перевооружению.

Основным препятствием для роста, как считают 46% добывающих организаций, является неопределенность ситуации на международных рынках и в стране, высокое налогообложение чувствительно для 36% организаций. В то же время в сфере добычи почти четверть компаний не испытывает никаких ограничений для роста, в отличие от обрабатывающих производств (8%) и производителей тепловой и электрической энергии (15%). Для последних доминирующим фактором сдерживания роста является нехватка финансовых средств на развитие (свыше 60% респондентов), а также износ и отсутствие оборудования (половина организаций)¹⁵. То есть для добывающего сектора важнее всего институциональные факторы роста, для сектора переработки, генерации и распределения энергии – состояние материально-технической базы и финансовое обеспечение. Исходя из этого нужно строить механизмы регулирования.

Старение материальной базы влияет непосредственно на перерасход ресурсов. По официальным данным, на конец 2012 г. более 90% действующих электростанций, 83% зданий, 70% котельных, 70% технологического оборудования электросетей и 66% тепловых сетей было построено еще до 1990 г.¹⁷, половина тепловых сетей требует замены [18, с. 5]. Почти 50% всего оборудования электростанций и высоковольтных линий электропередачи проработали более 40 лет и устарели

морально (70% распределительных электрических сетей выработали нормативный срок) [9, с. 66].

В теплоэнергетике на конец 2011 г. треть фондов была полностью изношена, степень износа, по данным Росстата, достигла 56,7%, 31% источников энергии и 68% тепловых сетей эксплуатировались с превышением нормативного срока службы на конец 2016 г.¹⁸.

В таких условиях представляется необоснованным реформирование теплоэнергетики в целях создания рынка тепловой энергии по методу ценообразования «альтернативной котельной». Ввиду значительных различий по оборудованию и другим факторам это будет не стимулом к инновациям, но способом повышения цен в распределении энергии, как уже показала реформа электроэнергетики. В подавляющем большинстве тепловые станции введены в строй в 1959–1988 гг., с тех пор они почти не обновлялись. В результате роста капитальных вложений в 2011–2012 гг. темпы износа в электро- и теплоэнергетике удалось снизить, на конец 2012 г. износ сократился до 38,8% в теплоэнергетике, однако при отсутствии нужных темпов выбытия и капитальных вложений износ снова стал расти и достиг 45% к концу 2015 г. В добыче нефти степень износа увеличилась с 48,1% в 2011 г. до 53,7% в 2015 г., в нефтепереработке – с 41,9 до 47,1%, в газовой отрасли степень износа прошла рекордную отметку 63,5% в конце 2013 г. и снизилась к концу 2015 г. до 51,5% (рис. 5).

В добыче топливно-энергетических ископаемых на конец 2015 г. полностью изношено 20,4% основных фондов, в теплоэнергетике – 12,9% (рис. 6).

Около 70% магистральных нефтепроводов эксплуатируется более 20 лет, 30% – более 30 лет, из них реконструировано всего 4% к 2008 г. Более половины оборудования ТЭС и генерирующего оборудования ГЭС

¹⁵ Отчет Минэнерго за 2016 г. С. 126; Баланс энергоресурсов за 2015 г.
URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/en_balans.htm; Промышленное производство.
URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial/#

¹⁶ Промышленное производство в России – 2016.
URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/prom16.pdf

¹⁷ ЭС-2035, 2014. С. 11.

¹⁸ Отчет Минэнерго за 2017 г. С. 59–60.

эксплуатируются в возрасте 30–50 лет; 79,6% всех мощностей АЭС – в возрасте свыше 20 лет; 40% установленных мощностей электростанций устарело [11, с. 17; 17, с. 6] (рис. 7, 8).

Отставание нефтеперерабатывающих отечественных предприятий на фоне динамично развивающейся мировой нефтепереработки не удивительно: основная часть крупных предприятий введена в эксплуатацию в 1950-е гг., свыше 22% эксплуатируется более 60 лет и столько же – от 30 до 50 лет, менее 3% имеют возраст до 30 лет [19]. Вместе с тем неэффективность энергетического хозяйства вследствие критического устаревания сетей, мощностей и применяемых технологий во многом вызвана непоследовательностью политики реконструкции и модернизации, сокращением внутренних источников финансирования и вложений в обновление мощностей, несвоевременностью вводов. К примеру, в 2016 г. изменение макроэкономических и геополитических факторов повлияло на сокращение инвестиций в модернизацию нефтепереработки до 139 млрд руб. по сравнению с планируемым объемом 196 млрд руб., перенесены сроки ввода восьми установок вторичной переработки нефти¹⁹.

Проблема в том, что износ опережает темпы перевооружения. По данным Росстата, усиленный рост инвестиций в основной капитал электро- и теплоэнергетики составил за 2011 и 2012 гг., соответственно 116,9 и 108,3%. Однако замена оборудования осложнена тем, что, во-первых, вложения эпизодичны: уже в 2013–2015 гг. темпы инвестиций в производство и распределение электроэнергии, газа и воды стали быстро снижаться: 96,7% – в 2013 г., 94,7% – в 2014 г., 73,8% – в 2015 г.; во-вторых, негодное оборудование не выводится вовремя из эксплуатации, судя по мизерному коэффициенту выбытия – в 2011–2015 гг. в добыче он держался на

уровне 0,7–1,1%, то есть ниже значений 2003 г. (1,5%). В производстве и распределении электроэнергии, газа и воды выбытие было на уровне 0,3–0,5% в 2003–2015 гг. (за исключением 2005 г.), в нефтепереработке – 0,5–0,7% в 2010–2013 гг. и 0,3–0,4% в 2014–2015 г. против 1,1% в 2003 г. В электроэнергетике около 70% капитальных вложений тратится на приведение энергосистемы в надлежащий вид: замену коммуникаций и оборудования, подключение, технические средства регулирования напряжения и пр. Как выход из ситуации ограниченных ресурсов в электроэнергетике вместо создания новых высоковольтных линий практикуется устройство так называемой продольной компенсации от имеющих резервных генерирующих мощностей²⁰.

Под влиянием тех или иных системных факторов значение агрегированного показателя энергоемкости ВВП в России одно из самых высоких в мире. Естественно, энергозатраты заметно дифференцированы по секторам экономики. Результаты сравнительного анализа уровней энергоемкости отраслевых технологий показывают, что наибольшие резервы повышения энергоэффективности в России (по убывающей) – в сфере ЖКХ, в производстве электроэнергии, в обрабатывающей промышленности, на транспорте, в системе теплоснабжения²¹ [4].

Повышение коэффициента извлечения нефти (КИН) является одним из важнейших способов роста эффективности добывающей промышленности. Технологии, повышающие КИН, могут серьезно сократить себестоимость за счет улучшения

²⁰ Специальная система повышения экономичности распределения мощности в параллельных линиях устраняет или снижает остроту проблемы развития или сооружения генерирующих источников в отдельных дефицитных регионах (подробнее см. Устройство продольной компенсации. URL: http://alstom-rusal.ru/produkty_i_resheniya/kachestvo/upk). Разработана много лет назад. В частности, патент получен российскими специалистами в 1979 г. (Кучумов Л.А., Игнашкин А.И. Устройство продольной емкостной компенсации. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 653677. Опубл. 25.03.1979. Бюлл. № 11. URL: <http://patentdb.su/3-653677-ustrojstvo-prodolnojj-emkostnoj-kompensacii.html>).

²¹ Энергоэффективность в России: скрытый резерв. Отчет Всемирного банка. 2009. URL: http://www.ksr-rspp.ru/strategy2020/long/1/energoeffektivnost_v_rossii.pdf

¹⁹ Отчет Минэнерго России за 2016 г. С. 75.

эксплуатации месторождений, не вовлекая труднодоступные запасы. В случае сохранения сегодняшних значений КИН на уровне 0,28 (0,31 – в 2010 г.), даже 0,35 (что пока нереально) на текущих месторождениях и коэффициента разведанных нефтяных запасов на уровне $1,1 \div 1,15$, удовлетворить растущий внутренний спрос (на 13–16% до 2035 г.²²) можно только тремя путями: снизить энергоёмкость ВВП, сократить объём экспорта, интенсифицировать разведку, вовлечение запасов, то есть повысить коэффициент разведанных нефтяных запасов до $2,2 \div 2,3$. Для повышения КИН потребуются новые добывающие технологии, позволяющие увеличить производительность добычи²³.

В неблагоприятной геополитической ситуации ограничен доступ к иностранному капиталу, новым добывающим технологиям и оборудованию, а доля отечественных разработок и локализации инноваций в этой сфере чрезвычайно мала.

В переработке и генерации энергии внедрение передовых технологий позволят повысить отдачу и сэкономить расход

первичных ресурсов. Межстрановой трансфер технологий сдерживается опять-таки политическими факторами и финансовыми ограничениями в инвестициях для проведения масштабной модернизации.

Один из ведущих индикаторов использования нефтяного сырья в российской статистике – глубина переработки – показал небывалый скачок в 2016 г.: 79% против 74,1% в 2015 г. (рис. 9). Правда, в действующей стратегии ЭС-2030, принятой в 2009 г., запланировано довести глубину переработки нефтяного сырья до 79% уже к 2015 г.

В то же время глубина переработки нефтяного сырья остается у нас значительно ниже уровня развитых стран. Хотя этот показатель чисто российский: в развитых странах технологии переработки практически безотходные, глубина переработки в Евросоюзе выше 90%, в США – выше 95%, и технологии все время совершенствуются. Отсутствие на российских НПЗ вторичных процессов вакуумной перегонки, в том числе на базе крекинга различных типов, ведет к выпуску и экспорту продуктов низкого качества и с заниженной по сравнению с возможной долей добавочной стоимости сырых полуфабрикатов [19].

В условиях санкций добывающие организации страдают более других от отсутствия нужного отечественного оборудования. Зависимость российских нефтяников от западного оборудования с учетом скрытого импорта (когда услуги оказываются российскими «дочками» зарубежных компаний) оценивается по показателю удельного веса импортного оборудования и технологий, который, по данным Минпромторга России, в целом по отрасли достигает 80%, а по отдельным категориям, таким как оборудование для шельфовых проектов или программное обеспечение, может превышать 90%. В особенности высокая зависимость от импорта насосно-компрессорного оборудования, программно-аппаратных

²² ЭС-2035, 2017. С. 66.

²³ Коэффициент извлечения нефти зависит от обводненности участков, других характеристик месторождения, организационных мероприятий, технологий добычи, например, плотности сетки скважин. За 1984–2014 гг. проектный коэффициент извлечения нефти снизился с 40–41% до 33–34%, что объясняется ухудшением структуры запасов и необходимостью разработки месторождений с трудноизвлекаемой нефтью, доля которых выросла до 70%; при этом применяемые до 1992 г. в РФ передовые методы увеличения нефтеотдачи свернуты (Грачев И.Д. Наука и власть стремятся поддержать ресурсную базу ТЭК. URL: <http://burneft.ru/main/site.news/262>). В двух норвежских месторождениях Северного моря достигнуты значения КИН 55 и 65% (Вахитов Г.Г. Нефтяная промышленность России: вчера, сегодня, завтра. М.: ВНИИОЭНГ, 2008. 312 с.). В США КИН составляет 0,4–0,5, иногда достигает 0,6. Однако не всегда дополнительные затраты ведут к росту КИН, хотя теоретически можно получить 70 (Низматулин Р.И. Нефть и газ России // Вестник РАН. 1993. Т. 63. № 8. С. 705–713). В госпрограмме энергоэффективности было запланировано довести КИН до 0,47 к 2020 г., долю трудноизвлекаемой нефти – до 11%, глубину переработки – до 85% (Госпрограмма энергоэффективности, 2013. С. 101). В стратегии ЭС-2030 предусмотрено увеличить КИН до 35–37% к 2030 г. (ЭС-2030, 2009, прил. 3), в проекте стратегии ЭС-2035 – до 40% к 2035 г. (ЭС-2035, 2017, с. 19). Дело это непростое, если так существенно в сторону снижения пересмотрены значения индикаторов. Качественные показатели эффективности добывающих компаний улучшаются недостаточно быстро: по показателю КИН отмечается значительное отставание от таких стран, как Норвегия и США, хотя в последние годы наметилась положительная динамика.

комплексов и систем автоматизации, оборудования и технологий для морского бурения [20, с. 47] (*рис. 10*).

В целом в ТЭК внедрение передовых технологий ведется низкими темпами. И только нефтепереработка, где специфика производства требует скорых нововведений и роста автоматизации отличается относительно высокой активностью, правда и там интенсивность инноваций упала за 10 лет на 10 п.п. (*рис. 11*). Инновационная активность субъектов в других отраслях ТЭК крайне мала, она даже ниже весьма скромной по сравнению с развитыми странами активности отечественных предприятий обрабатывающего сектора.

В первой редакции госпрограммы по энергоэффективности и развитию энергетики было предусмотрено повысить долю организаций ТЭК, осуществляющих инновации, в целом до 25% к 2020 г., тогда как в развитых странах удельный вес промышленных организаций, осуществлявших технологические инновации, составляет от 30 до 60%, причем в Германии таковых 61,5%²⁴. Напротив, за 2005–2015 гг. доля инновационно активных организаций в российской энергетике осталась на прежнем низком уровне, несмотря на значительное количество стратегий, программ, попыток использовать механизмы поддержки.

Атомная отрасль заметно выделяется из общего инновационного профиля ТЭК в реализации энергетических инноваций. Международное агентство Thomson Reuters включило госкорпорацию «Росатом» в десятку мировых инновационных лидеров в области ядерной энергетики. Изменена парадигма развития: раньше инновациями занимались научные институты, теперь это задача всей атомной отрасли. На основе такого интегрального представления о механизмах научно-технологического движения в корпорации принят ряд весомых стратегических мер, ориентирующих на долгосрочное

инновационное развитие. В 2011 г. создан комитет по инновациям и утверждена «Программа инновационного развития и технологической модернизации на период до 2020 г.», в рамках которой ежегодно реализуются десятки технологических проектов в разных областях. Например, в 2014 г. создан первый российский циклотронно-радиохимический комплекс для позитронно-эмиссионной томографии. Создаются инновационные кластеры в Санкт-Петербурге, Димитровграде, Сарове, Железногорске для формирования современных инновационных предприятий. В 2016 г. принята новая программа до 2030 г., построенная по проектному принципу и предполагающая глубокое сотрудничество разных сторон. В одном только 2016 г. в него вовлечено свыше 200 организаций, в том числе 35 вузов, 14 академических институтов, 50 сторонних научных организаций²⁵. Уровень отчислений Росатома на НИОКР из выручки 4,5% и выше, то есть сопоставим с ведущими высокотехнологичными корпорациями мира. За 2016 г. удельный вес инновационной продукции и услуг в общем объеме продаж в отрасли составил 13,6% против 11,2% по плану²⁶.

Секреты успешных технологических прорывов – консолидация движущих сил, мобилизация внутренних факторов прогресса, продуманная система стратегического планирования и управления инновациями. Правда, бюджетная поддержка также весьма значима. В проекте энергостратегии до 2035 г. установлены нормативные показатели минимальной доли затрат на технологические инновации в общем объеме затрат на производство (1,5% – к 2020 г.; 3% – к 2035 г., в 2015 г. был 1%). В госпрограмме по эффективности энергетики установлены показатели объема внутренних затрат на НИР для организаций ТЭК с государственным участием, реализующих программы инновационного

²⁴ Россия и страны мира – 2016: стат. сб. М.: Росстат, 2016. С. 336.

²⁵ Публичные годовые отчеты государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» за 2011, 2014, 2016 гг. URL: <http://www.rosatom.ru/about/publicnaya-otchethnost/>

²⁶ Там же.

развития (без учета бюджетных средств для НИР), в частности, в размере 0,36% на 2015 г. и 0,22% на 2016 г. (фактически 0,34 и 0,22%)²⁷. Однако идея принуждения к осуществлению инноваций при помощи таких механизмов, в частности, путем нормирования расходов на НИОКР, нам представляется не лучшим способом стимулирования инновационной активности энергетических организаций, хотя имеет место иное мнение [20, с. 49].

Резюмируя результаты анализа технико-технологической, материально-вещественной базы обновления российской энергетики, обобщим основные причины технологического отставания российских генерирующих и сетевых компаний от зарубежных аналогов:

- устаревание технологий добычи, генерации и распределения энергии;
- критический моральный и физический износ основных фондов, мощностей и сетей;
- низкая эффективность применяемых технологий из области доступных;
- отсутствие отечественной локализации высокотехнологичных комплектующих элементов и важнейших видов энергооборудования для обновления и реконструкции.

Снижение технологического уровня и конкурентоспособности добывающих организаций обусловлено применением не самого передового оснащения наряду с ухудшением внешнеэкономической конъюнктуры и геополитическими вызовами на фоне нерешенных внутренних проблем в сфере нормативно-правовых отношений, распределения доходов, мотиваций, социальной ответственности, организационной и инновационной культуры и других моментов, которые более подробно рассмотрены в других работах автора²⁸.

²⁷ Отчет Минэнерго России, 2017. С. 136; ЭС-2035, 2017. С. 75; Госпрограмма энергоэффективности, 2017. С. 55.

Выводы

При существующих институциональных и экономических условиях и низких темпах инноваций сложно достигнуть запланированных рубежей снижения энергоемкости ВВП к 2020 г. на 4% от уровня 2015 г. и к 2035 г. – на 34%²⁹. Вывод подтверждают расчеты других исследователей. Для этого недостаточно одних только структурных и продуктовых сдвигов в экономике, роста цен на энергию и автономного технического прогресса – вклад технологического фактора нужно, по меньшей мере, удвоить [4, с. 15, 20]. Для преодоления значительной технико-технологической отсталости в отраслях ТЭК требуются экстренные меры по стимулированию инновационной активности и модернизации технико-технологической базы, сетей, инфраструктуры при помощи научно обоснованных корпоративных стратегий, грамотной правительственной политики, то есть системных механизмов планирования и управления.

Обоснованность значений целевых показателей модернизации и энергоэффективности, правильность выбора программных мероприятий и способов стимулирования, объективность оценок результативности применяемых мер воздействий зависят как от степени реалистичности оценок состояния и потенциала развития энергетических отраслей, так и от точности измерения уровня эффективности и других качественных и количественных характеристик российской экономики и отдельных звеньев. Для этого нужны адекватные оценки, критерии и индикаторы, в том числе система многоуровневых показателей энергетической эффективности, соответствующие поставленным задачам система мониторинга и информационная система.

²⁸ Никонова А.А. Системный анализ в разработке механизмов обновления российской энергетики // *Экономический анализ: теория и практика*. 2017. Т. 16. Вып. 10. С. 1812–1839; Никонова А.А. Нефтегазовый потенциал: оценки и перспективы развития топливно-энергетического комплекса // *Экономический анализ: теория и практика*. 2017. Т. 16. Вып. 11. С. 2064–2082.

²⁹ ЭС-2035, 2017. С. 75.

Приоритеты научно-технического развития должны быть строго обусловлены наличием соответствующих условий, внешних и внутренних факторов, объективные оценки которых могут быть получены при помощи системного анализа энергетических объектов с позиций устойчивости, сбалансированности и безопасности как энергетической системы, так и национального хозяйства в целом.

Результаты анализа показывают, что материально-технологические факторы развития ТЭК являются критическим местом в продуктивной реализации функций энергетической системы. Необходимо ускорить вывод морально и физически устаревших фондов и замену изношенных мощностей и сетей соответствующими видами современного высокопроизводительного оборудования.

Реализацию программ энергосбережения следует предварять мероприятиями по более интенсивной замене устаревших мощностей, сетей и оборудования, нежели сделано на практике.

В определении научно обоснованных пропорций между новым строительством и реконструкцией мощностей следует использовать результаты системного анализа нескольких взаимосвязанных подсистем, полученные на основе оценки независимых экспертов. Например, считается, что доля объектов реновации в структуре вводов должна быть 60%, а не 40%, как в 2011 г. За счет реконструкции и технического перевооружения можно снизить на 10% потребление газа [21, с. 34, 38]. Вместе с тем следует увеличить объемы вывода устаревшего оборудования и изношенных мощностей, особенно в таких потенциально опасных типах производств, как АЭС [21, с. 16–18].

В качестве приоритетных направлений видится разработка принципиально новых

технологий генерации и аккумуляции энергии и доводка известных изобретений в этой сфере до промышленной реализации. Важно создать дорожную карту повышения коэффициента извлечения нефти, а также стимулировать освоение современных методов увеличения нефтеотдачи. Это направление представляется основополагающим для сокращения издержек и роста эффективности в сфере добычи сырья.

Для активизации введения передовых технологий, повышения степени переработки нефтяного сырья, освоения новейших способов добычи труднодоступных запасов требуются специальные механизмы стимулирования и расширения отечественной локализации энергетического оборудования.

Повсеместное проникновение электронных технологий в экономику создает императив ускорения модернизации ТЭК с применением новейших цифровых технологий. Возможные перспективы и влияние использования таких инноваций на эффективность, технологическое развитие энергетических отраслей и сопряженных с ними видов деятельности представляет значительный научно-практический интерес и предмет для дальнейших исследований.

Основной вывод состоит в необходимости применения системного анализа в стратегическом планировании и управлении для получения достоверных оценок материально-технической базы энергетических отраслей как научно обоснованного способа идентификации потенциала развития, разработки стратегии и механизмов обновления основных фондов и технологий, изучения возможностей и ограничений на этом пути с позиций не только отраслевой, но и долгосрочной народнохозяйственной устойчивости и эффективности.

Таблица 1**Показатели энергоэффективности в Энергетической стратегии России на период до 2030 года****Table 1****Energy efficiency indicators according to the Russian Energy Strategy up to 2030**

Показатель	2008	Целевые значения			2014
		2014–2016	2020–2022	2030	
Уровень удельной энергоемкости ВВП к уровню 2008 г., %	100	92,1	≤ 57	≤ 44	94,6
Уровень удельной электроемкости ВВП к уровню 2008 г., %	100	59–60	98,03
КПД газовых электростанций, %	38	≥ 45	≥ 50	≥ 53	38*
КПД атомных электростанций, %	32	≥ 32	≥ 34	≥ 36	32*
КПД угольных электростанций, %	34	≥ 35	≥ 38	≥ 41	34*
Удельные расходы топлива на отпуск электроэнергии ТЭС, г условного топлива/кВт·ч	333	315	300	270	319,8
Средняя удельная энергоемкость котельных к уровню 2005 г., %	99	≤ 98	≤ 94	≤ 90	96

* 2012 г.

Источник: построено на основе расчетов автора и данных Минэнерго России и энергетических стратегий*Source:* Authoring, based on the Minenergo of Russia and Russian Energy Strategies data**Таблица 2****Показатели энергоэффективности в проекте Энергетической стратегии России на период до 2035 года, %****Table 2****Energy efficiency indicators according to draft Russian Energy Strategy up to 2035, percentage**

Показатель	2020–2022	До 2035
Удельная энергоемкость ВВП к уровню 2015 г.	96	66
Удельная электроемкость ВВП к уровню 2015 г.	94	72
Удельные расходы топлива на отпуск электрической энергии к уровню 2015 г.	≤ 96	≤ 90

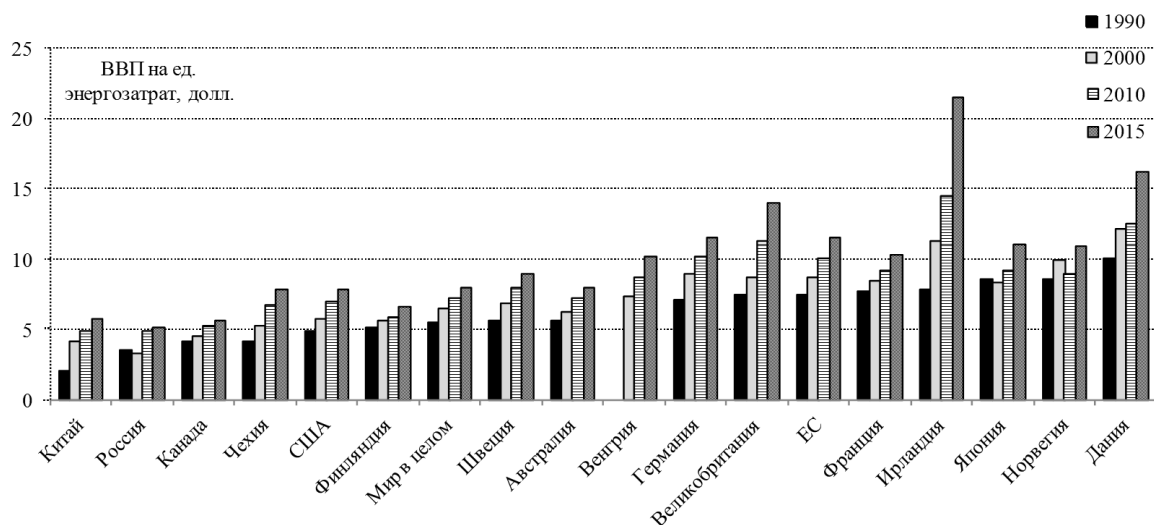
Источник: проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года*Source:* Draft Russian Energy Strategy for the period up to 2035

Рисунок 1

Уровень энергетической интенсивности экономики в странах мира в 1990–2015 гг.* (ВВП в долларах по ППС в ценах 2011 г. на единицу использованных энергоресурсов в кг нефтяного эквивалента)

Figure 1

Energy intensity of the economy of countries across the world in 1990–2015 (GDP per unit of energy use, constant 2011 PPP dollar per kilogram of oil equivalent)



* Китай, Россия – данные за 1990–2014 гг.

Источник: построено по данным Мирового банка

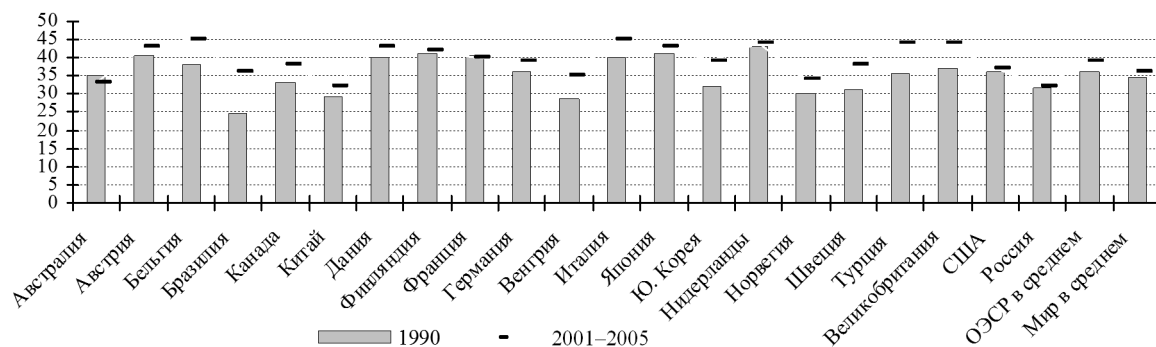
Source: Authoring, based on the World Bank data

Рисунок 2

Эффективность производства электроэнергии из ископаемых источников в странах мира, %

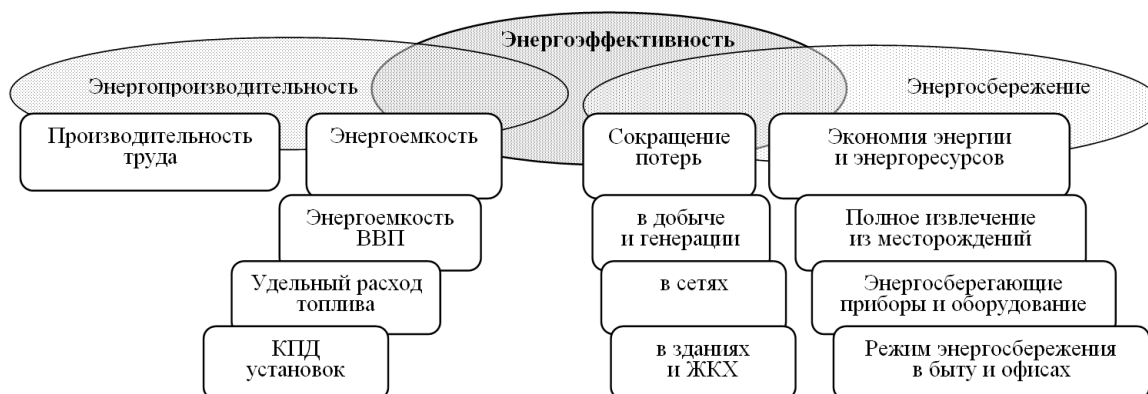
Figure 2

Efficiency of electrical power generation from fossil fuels in countries across the world, percentage



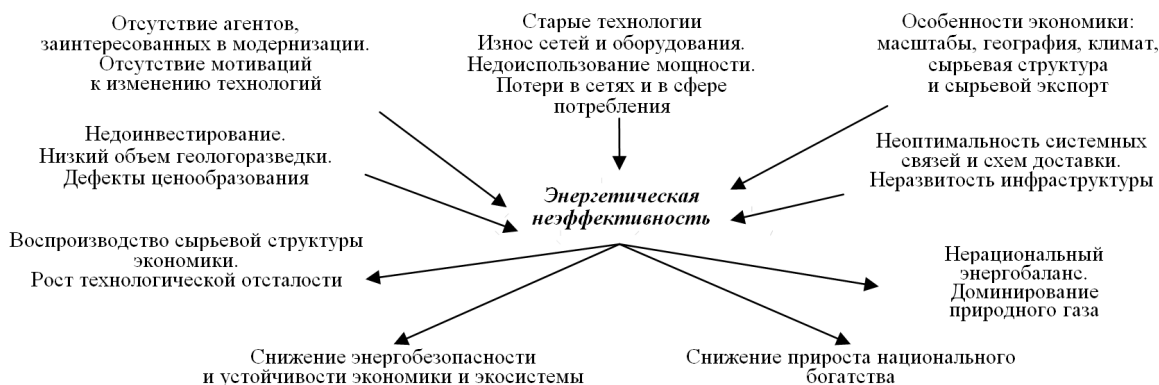
Источник: Международное энергетическое агентство

Source: International Energy Agency

Рисунок 3**Базисные компоненты энергетической эффективности****Figure 3****Basic components of energy efficiency**

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 4**Факторы и последствия низкой энергетической интенсивности в России****Figure 4****Factors and effects of low energy intensity in Russia**

Источник: авторская разработка

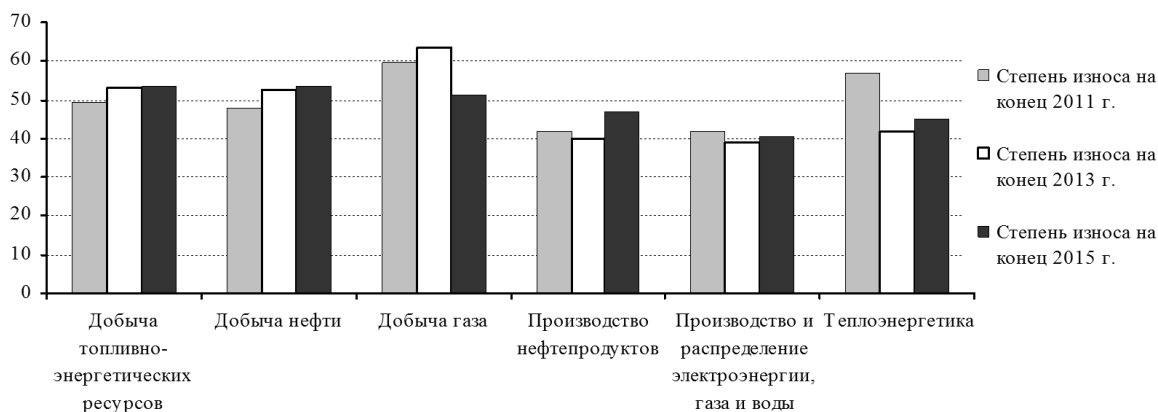
Source: Authoring

Рисунок 5

Степень износа основных фондов в российской энергетике для коммерческих организаций, кроме малого предпринимательства, %

Figure 5

Degree of wear and tear of fixed assets in the Russian power industry: Commercial organizations except for small business enterprises, percentage



Источник: Росстат

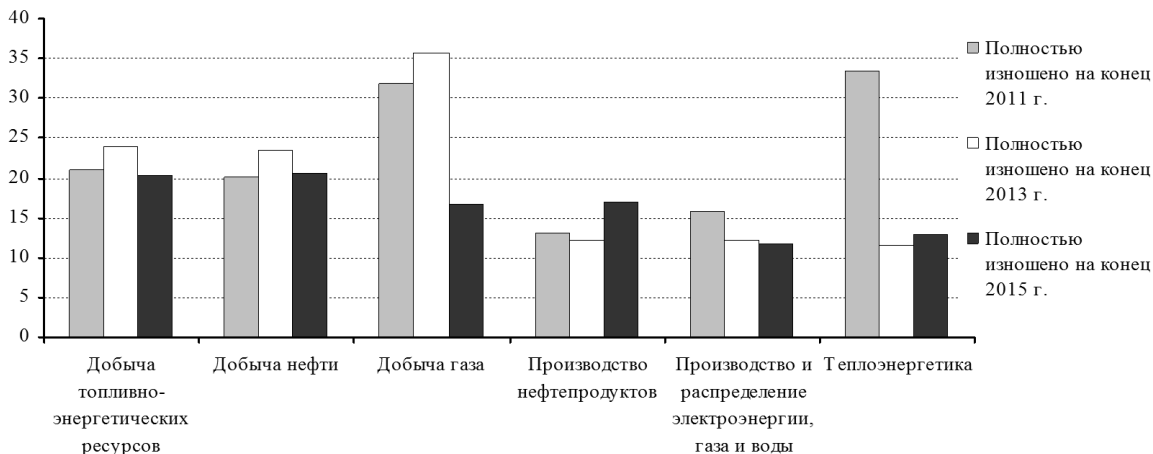
Source: Rosstat

Рисунок 6

Удельный вес полностью изношенных основных фондов в энергетике России для коммерческих организаций, кроме малого предпринимательства, %

Figure 6

Percentage of completely worn fixed assets in the Russian power industry: Commercial organizations except for small business enterprises



Источник: Росстат

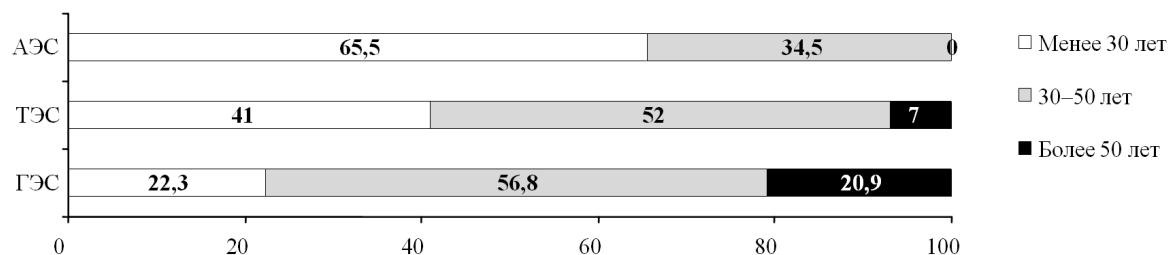
Source: Rosstat

Рисунок 7

Возрастная структура оборудования в генерации энергии в России на конец 2012 г., %

Figure 7

Age structure of plant and equipment employed in the Russian power industry as of the end of 2012, percentage



Источник: [17, с. 6]

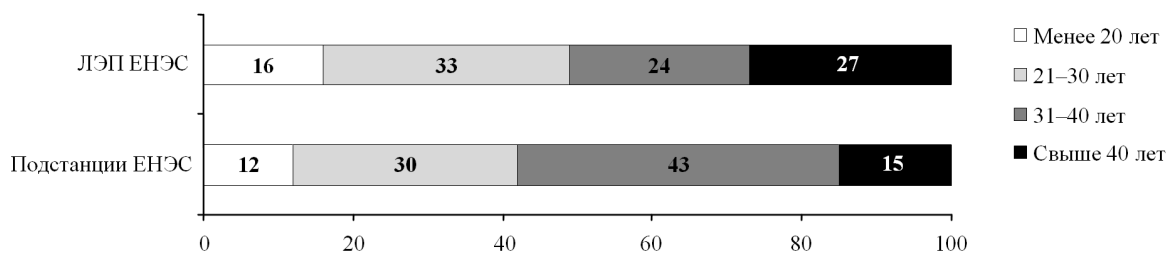
Source: [17, p. 6]

Рисунок 8

Возрастная структура энергетической инфраструктуры в России на конец 2012 г., %

Figure 8

Age structure of the energy infrastructure in Russia as of the end of 2012, percentage



Источник: [17, с. 6]

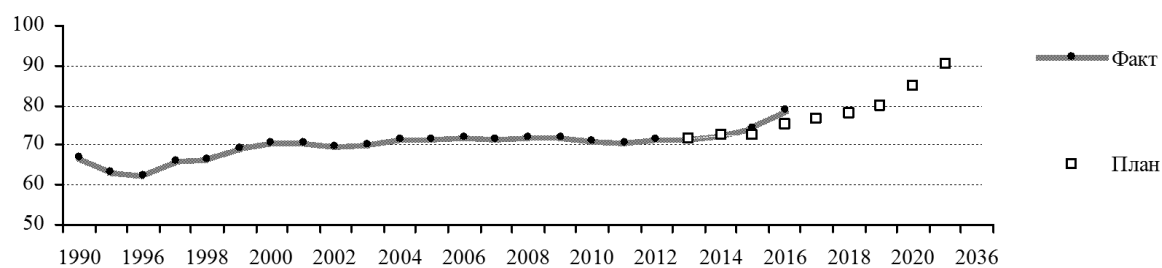
Source: [17, p. 6]

Рисунок 9

Глубина переработки нефтяного сырья в России в 1990–2036 гг., %

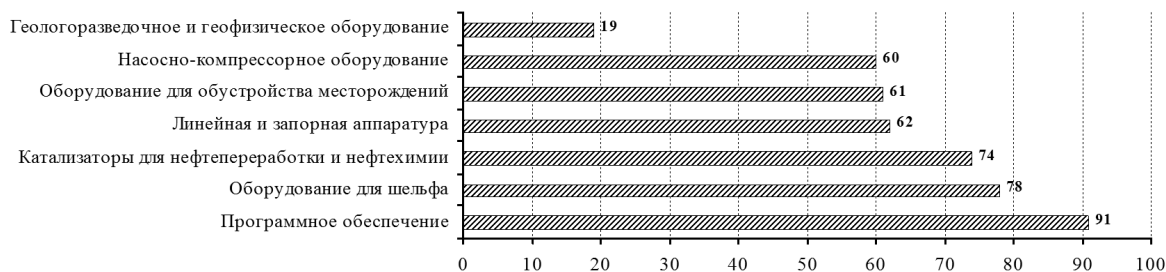
Figure 9

Oil conversion ratio in Russia in 1990–2036, percentage



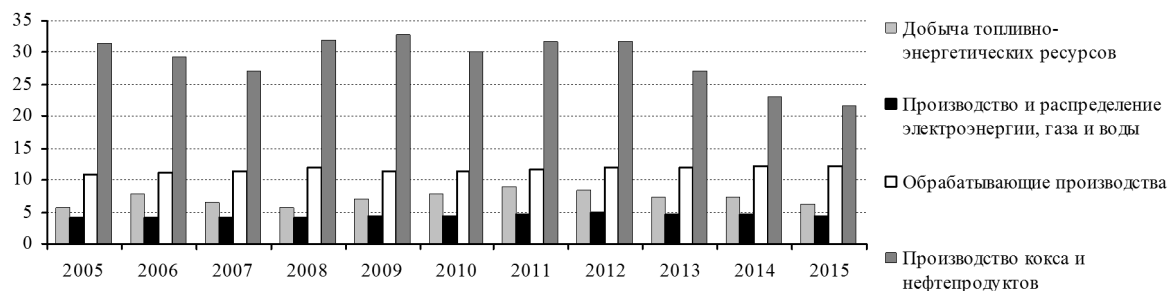
Источник: Росстат

Source: Rosstat

Рисунок 10**Удельный вес импорта в структуре оборудования российских нефтяных организаций, %****Figure 10****Percentage of imports in the equipment structure of Russian oil companies**

Источник: [20]

Source: [20]

Рисунок 11**Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем количестве промышленных организаций в России в 2005–2015 гг., %****Figure 11****Percentage of organizations engaged in technological innovation in the total number of industrial organizations in Russia in 2005–2015**

Источник: Росстат

Source: Rosstat

Список литературы

1. Малахов В.А., Несытых К.В. О роли топливно-энергетического комплекса в экономике России // Проблемы прогнозирования. 2016. № 5. С. 59–69.
2. Синяк Ю.В., Колпаков А.Ю. Анализ динамики и структуры затрат в нефтегазовом комплексе России в период 2000–2011 гг. и прогноз до 2020 г. // Проблемы прогнозирования. 2014. № 5. С. 15–38.
3. Синяк Ю.В., Колпаков А.Ю. Макроэкономический анализ перспектив сбалансированного развития нефтегазового сектора России: 157-е заседание открытого семинара «Анализ и прогноз развития отраслей топливно-энергетического комплекса» (24 марта 2015 г.). М.: ИНП РАН, 2015. 61 с.
4. Башмаков И.А. Будет ли в России экономический рост в середине XXI века? 126-е заседание открытого семинара «Экономические проблемы энергетического комплекса» (31 января 2012 г.). М.: ИНП РАН, 2012. 54 с.

5. *Кудрявый В.В.* Пути повышения эффективности энергетики: 170-е заседание открытого семинара «Экономические проблемы отраслей топливно-энергетического комплекса» (28 июня 2016 г.). М.: ИНП РАН, 2016. 20 с.
6. *Цибульский В.Ф.* Энергетический индикатор состояния экономики: 140-е заседание открытого семинара «Экономические проблемы отраслей топливно-энергетического комплекса» (28 мая 2013 г.). М.: ИНП РАН, 2013. 20 с.
7. *Бушуев В.В., Каменев А.С., Кобец А.С.* Энергетика как инфраструктурная система систем // *Энергетическая политика*. 2012. Вып. 5. С. 3–14.
8. *Бушуев В.В., Каменев А.С., Кобец Б.Б.* Энергетика как система систем: 136-е заседание открытого семинара «Экономические проблемы энергетического комплекса» (29 января 2013 г.). М.: ИНП РАН, 2013. 32 с.
9. *Бушуев В.В., Кучеров Ю.Н.* Инновационное развитие электроэнергетики России // *Энергетическая политика*. 2014. Вып. 6. С. 66–71.
10. *Воропай Н.И.* Системные исследования в энергетике – основа энергетической науки в Сибири // *Энергетическая политика*. 2013. Вып. 5. С. 27–31.
11. *Воропай Н.И., Сендеров С.М.* Энергетическая безопасность: сущность, основные проблемы, методы и результаты исследований: 119-е заседание открытого семинара «Экономические проблемы энергетического комплекса» (19 марта 2011 г.). М.: ИНП РАН, 2011. 90 с.
12. *Воропай Н.И., Стенников В.А.* Интегрированные интеллектуальные энергетические системы // *Известия Российской академии наук. Энергетика*. 2014. № 1. С. 64–73.
13. *Берталанфи Л. фон.* Общая теория систем – критический обзор // *Исследования по общей теории систем: сборник переводов*. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82.
14. *Блауберг И.В., Садовский В.Н., Юдин Э.Г.* Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М.: Знание, 1969. 48 с.
15. *Клейнер Г.Б.* Стратегия предприятия. М.: Дело, 2008. 568 с.
16. *Клейнер Г.Б.* Новая теория экономических систем и ее приложения // *Вестник Российской академии наук*. 2011. Т. 81. № 9. С. 794–811.
17. *Баринев В.А.* Перспективы развития электроэнергетики России на период до 2030 г.: 133-е заседание открытого семинара «Экономические проблемы энергетического комплекса» (23 октября 2012 г.). М.: ИНП РАН, 2013. 32 с.
18. *Некрасов С.А., Синяк Ю.В., Воронина С.А., Семикашев В.В.* Современное состояние и перспективы развития теплоснабжения в России: 125-е заседание открытого семинара «Экономические проблемы энергетического комплекса» (20 декабря 2011 г.). М.: ИНП РАН, 2012. 70 с.
19. *Чернышова Е.А.* Проблемы и пути развития глубокой переработки нефти в России // *Бурение и нефть*. 2011. № 5. С. 8–13.
20. *Силкин В.Ю.* Инновационная политика в нефтегазовой отрасли: проблемы догоняющего развития // *Энергетическая политика*. 2014. Вып. 6. С. 46–54.

21. *Нигматулин Б.И.* Корректировка «Схемы и Программы развития Единой энергетической системы России на 2012–2018»: 132-е заседание открытого семинара «Экономические проблемы энергетического комплекса» (25 сентября 2012 г.). М.: ИНП РАН, 2012. 57 с.

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

THE RUSSIAN ENERGY: ANALYZING THE FUNDAMENTAL FACTORS OF TECHNOLOGY UPGRADING

Alla A. NIKONOVA

Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation
prettyal@cemi.rssi.ru**Article history:**Received 13 September 2017
Received in revised form
22 September 2017
Accepted 9 October 2017
Available online
22 December 2017**JEL classification:** D61, E22,
O30, Q43**Keywords:** strategy, energy
resources, fixed assets, new
technology, systems approach**Abstract****Importance** The article investigates fundamental factors of the status and development of the Russian fuel and energy industry that determine the level of energy efficiency and technology upgrading capabilities.**Objectives** It is important to understand reasons for missed targets of most of strategies and programs and identify ways to upgrade the fuel and energy complex based on the basis of productive energy technologies. The study focuses on technical and technological aspects of energy sector development.**Methods** The study draws on the systems analysis, which aims to obtain adequate estimates of the situation over time and to use these estimates for strategic and tactical decision-making.**Results** The paper defines the key points of failures associated with material factors, like age structure of fixed assets, low rate of disposals and new productive technologies introduction, etc. It discusses methods to measure energy efficiency, on which the relevant indicators depend.**Conclusions and Relevance** The estimates show that the quality of technological equipment plays a significant role in the prospects for efficient development of energy industries. The management of processes of the fuel and energy complex upgrading should be guided by the principles of systems analysis from the perspectives of sectoral and economic efficiency, safety, and sustainability.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

Please cite this article as: Nikonova A.A. The Russian Energy: Analyzing the Fundamental Factors of Technology Upgrading. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 12, pp. 2290–2315.
<https://doi.org/10.24891/ea.16.12.2290>**Acknowledgments**

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 15-02-00229(a).

References

1. Malakhov V.A., Nesytykh K.V. [On the role of the fuel-and-energy complex in the Russian economy]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2016, no. 5, pp. 59–69. (In Russ.)
2. Sinyak Yu.V., Kolpakov A.Yu. [Analysis of changes in and structure of costs in the Russian oil and gas sector over 2000–2011 and forecast up to 2020]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2014, no. 5, pp. 15–38. (In Russ.)
3. Sinyak Yu.V., Kolpakov A.Yu. *Makroekonomicheskii analiz perspektiv sbalansirovannogo razvitiya neftegazovogo sektora Rossii* [Macroeconomic analysis of prospects for balanced development of the Russian oil and gas sector]. Moscow, Institute of Economic Forecasting of RAS Publ., 2015, 61 p.
4. Bashmakov I.A. *Budet li v Rossii ekonomicheskii rost v seredine XXI veka?* [Will there be economic growth in Russia in the middle of the 21st century?]. Moscow, Institute of Economic Forecasting of RAS Publ., 2012, 54 p.

5. Kudryavyi V.V. *Puti povysheniya effektivnosti energetiki* [Ways to improve energy efficiency]. Moscow, Institute of Economic Forecasting of RAS Publ., 2016, 20 p.
6. Tsibul'skii V.F. *Energeticheskii indikator sostoyaniya ekonomiki* [An energy indicator of economy status]. Moscow, Institute of Economic Forecasting of RAS Publ., 2013, 20 p.
7. Bushuev V.V., Kamenev A.S., Kobets A.S. [Energy sector as infrastructural 'system of systems']. *Energeticheskaya politika = The Energy Policy*, 2012, iss. 5, pp. 3–14. (In Russ.)
8. Bushuev V.V., Kamenev A.S., Kobets B.B. *Energetika kak sistema sistem* [Energy as a system of the systems: The 136th session of open seminar Economic Problems of the Energy Complex]. Moscow, Institute of Economic Forecasting of RAS Publ., 2013, 32 p.
9. Bushuev V.V., Kucherov Yu.N. [Innovative development of Russian power sector]. *Energeticheskaya politika = The Energy Policy*, 2014, iss. 6, pp. 66–71. (In Russ.)
10. Voropai N.I. [Systems studies in the energy – base of energy science in Siberia]. *Energeticheskaya politika = The Energy Policy*, 2013, iss. 5, pp. 27–31. (In Russ.)
11. Voropai N.I., Senderov S.M. *Energeticheskaya bezopasnost': sushchnost', osnovnye problemy, metody i rezul'taty issledovaniy* [Energy security: The nature, basic problems, methods and results of studies: The 119th session of open seminar Economic Problems of the Energy Complex]. Moscow, Institute of Economic Forecasting of RAS Publ., 2011, 90 p.
12. Voropai N.I., Stennikov V.A. [Integrated smart energy systems]. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii nauk. Energetika = Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*, 2014, no. 1, pp. 64–73. (In Russ.)
13. Ludwig von Bertalanffy. *Obshchaya teoriya sistem – kriticheskii obzor. V kn.: Issledovaniya po obshchei teorii sistem: sbornik perevodov* [An Outline of General System Theory. In: Studies on the General System Theory: A collection of translations]. Moscow, Progress Publ., 1969, pp. 23–82.
14. Blaubergh I.V., Sadovskii V.N., Yudin E.G. *Sistemnyi podkhod: predposylki, problemy, trudnosti* [Systems Approach: Prerequisites, problems, difficulties]. Moscow, Znanie Publ., 1969, 48 p.
15. Kleiner G.B. *Strategiya predpriyatiya* [Enterprise strategy]. Moscow, Delo Publ., 2008, 568 p.
16. Kleiner G.B. [New theory of economic systems and its applications]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk = Herald of Russian Academy of Sciences*, 2011, vol. 81, no. 9, pp. 794–811. (In Russ.)
17. Barinov V.A. *Perspektivy razvitiya elektroenergetiki Rossii na period do 2030 g* [Prospects for Russian electric power industry development up to 2030: The 133rd session of open seminar Economic Problems of the Energy Complex]. Moscow, Institute of Economic Forecasting of RAS Publ., 2013, 32 p.
18. Nekrasov S.A., Sinyak Yu.V., Voronina S.A., Semikashev V.V. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya teplosnabzheniya v Rossii* [State-of-the-art and prospects for heat supply development in Russia: The 125th session of open seminar Economic Problems of the Energy Complex]. Moscow, Institute of Economic Forecasting of RAS Publ., 2012, 70 p.

19. Chernyshova E.A. [Challenges of and development trends in advanced oil processing in Russia]. *Burenie i nef't' = Drilling and Oil*, 2011, no. 5, pp. 8–13. (In Russ.)
20. Silkin V.Yu. [Innovation policy of the Russian oil and gas industry: Problems of catching-up development]. *Energeticheskaya politika = The Energy Policy*, 2014, iss. 6, pp. 46–54. (In Russ.)
21. Nigmatulin B.I. *Korrektirovka "Skhemy i Programmy razvitiya Edinoi energeticheskoi sistemy Rossii na 2012–2018"* [Updating the Scheme and Program for Unified Energy System development in Russia for 2012–2018: The 132nd session of open seminar Economic Problems of the Energy Complex]. Moscow, Institute of Economic Forecasting of RAS Publ., 2012, 57 p.

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.