



# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

**3**  
**ВЫПУСК**  
**2015**

— МОСКВА —

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

*Очередной выпуск «Энергетической политики» посвящен актуальным проблемам и современным тенденциям развития региональной энергетики. Тема, безусловно, важная и злободневная, ведь, по общему мнению специалистов, развитию энергетической инфраструктуры российских регионов уделяется явно недостаточно внимания, и мы хотели бы организовать серьезное и системное обсуждение проблем региональной энергетики.*

*В данном выпуске представлен обзор и обозначены проблемы развития энергетики Московской области и Якутии – общие для многих регионов страны. Особое внимание уделено информационно-аналитическому сопровождению региональной энергетической политики. Авторы рассматривают новые проблемы интеграции инфраструктурных систем и интеллектуальные системы территорий опережающего развития. Даются экономические оценки региональных энергетических проектов, рассматриваются проблемы развития регионов через повышение энергоэффективности, а также подходы к организации централизованного и децентрализованного управления энергетикой.*

*В следующих выпусках журнала мы планируем дальнейшее раскрытие тематики основных задач и мероприятий по развитию регионального энергетического комплекса. Приглашаем к этому разговору все заинтересованные стороны и надеемся, что он состоится на страницах нашего журнала.*

## DEAR READERS!

*The current issue of «Energy policy» is concerned with the up-to-date problems and contemporary tendencies in regional energy sector development. The topic is certainly of great interest as by the common view of specialists, the research of energy infrastructure development is insufficient, and we would like to organize the serious and systematic discussion of regional energy issues.*

*The current issue presents the review and defines the issues of energy development in Moscow region and Yakutia – common for many regions of the country. The particular attention is paid to the informational and analytical support of regional energy policy. The authors analyze the new problems of integrating the infrastructure systems in intellectual systems of the regions of accelerated development. The issue presents the economic assessments of regional energy projects, discuss the issues of regional development from the point of view of increasing the energy efficiency, and describe the approaches to the organization of centralized and decentralized energy management.*

*In the coming issues of the journal, we are planning to develop the research on the issues of regional energy complex development. We welcome all the parties concerned to this dialog and hope that it will have place on the pages of our journal.*



ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ, НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Выпуск **•3•** 2015

Издается с 1995 года

## Редакционная коллегия:

- В.В. Бушуев** – д.т.н., профессор, генеральный директор ИЭС, главный редактор  
**А.М. Мастепанов** – д.э.н., профессор, зам. директора ИПНГ РАН, зам. главного редактора  
**А.М. Белогорьев** – отв. секретарь, зам. директора по энергетическому направлению, Фонд «Институт энергетики и финансов»  
**Н.И. Воронай** – д.т.н. чл.-корр. РАН, директор ИСЭМ СО РАН  
**А.И. Громов** – к.г.н., Фонд «Институт энергетики и финансов», директор по энергетическому направлению  
**А.Н. Дмитриевский** – д.г.-м.н., академик РАН, директор ИПНГ РАН  
**В.А. Крюков** – д.э.н., чл.-корр. РАН, зам. директора ИЭОПП СО РАН  
**Ю.Н. Кучеров** – д.т.н., начальник департамента технического регулирования ОАО «СО ЕЭС»  
**А.А. Макаров** – д.э.н., академик РАН, советник РАН  
**О.С. Попель** – д.т.н., зам. директора ОИВТ РАН  
**В.В. Саенко** – к.э.н., зам. генерального директора ИЭС  
**Ю.А. Станкевич** – зам. председателя Комитета РСПП по энергетической политике и энергоэффективности  
**Ю.К. Шафраник** – д.э.н., председатель Совета директоров ЗАО «МНК «СоюзНефтеГаз»

Учредитель журнала «Энергетическая политика»: ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие. Институт энергетической стратегии»

Адрес редакции: 109028, Москва, Яузский бул., д. 13, стр. 3, оф. 10  
Телефон ред.: (495) 411-53-33 (доб. 5218)  
E-mail: ies2@umail.ru; krilosov@guies.ru  
Web-site: http://www.energystrategy.ru  
Выходит 6 раз в год  
Ведущий редактор *С.И. Крылов*

Компьютерная верстка *В.М. Щербаков*  
Отпечатано в ООО ИД «ЭНЕРГИЯ»

Подписано в печать 24.06.2015  
Формат 60x84/8  
Бумага офсетная. Печать офсетная  
Усл. печ. л. 9.765. Уч. изд. л. 10,5  
Тираж 500 экз.  
Заказ № 29 (67/02-99) ИЭС № 359

© ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие. Институт энергетической стратегии», 2015  
Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК.  
При перепечатке материалов ссылка на издание обязательна.

ПОБЕДИТЕЛЬ VII ВСЕРОССИЙСКОГО  
ЖУРНАЛИСТСКОГО КОНКУРСА  
«ЛУЧШАЯ ПУБЛИКАЦИЯ  
ПО ПРОБЛЕМАМ ТЭК РОССИИ 2001 года»



## СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

### РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

### REGIONAL ENERGY: NEW TRENDS AND APPROACHES

- Л.В. Неганов.** Государственная региональная энергетическая политика Московской области.....3  
*L. Neganov.* State regional energy policy of the Moscow region
- И.Д. Ратманова.** Подход к организации информационно-аналитического сопровождения региональной энергетической политики.....14  
*I. Ratmanova.* The approach to the organisation of informational and analytical support of regional energy policy
- Н.И. Воронай, В.А. Стенников, С.М. Сендеров, Е.А. Барахтенко, Л.И. Коверникова, О.Н. Войтов, Т.Б. Ощепкова, Л.В. Семенова.** Интегрированные инфраструктурные энергетические системы регионального и межрегионального уровня.....24  
*N. Voropai, V. Stennikov, S. Senderov, E. Barachtenko, L. Kovernikova, O. Voytov, T. Oshepkova, L. Semenova.* Integrated infrastructural energy systems regional and interregional level
- А.В. Андреев, М.А. Андреева, Д.А. Новицкий, В.В. Софьин, Д.В. Холкин.** Территории опережающего развития – как точки роста в сфере интеллектуальной энергетики.....33  
*A. Andreev, M. Andreeva, D. Novitsky, V. Sofyin, D. Holkin.* Territories of advanced development as the growth areas in smart energy

<b><i>В.Е. Захаров.</i></b> Подход к организации централизованного управления развитием региональной энергетической системы.....	<b>41</b>
<i>V. Zakharov.</i> The approach to the organisation of centralized management of the regional energy system development	
<b><i>В.В. Шмат.</i></b> О методах экономической оценки региональных энергетических проектов ГЧП с учетом факторов неопределенности и риска.....	<b>47</b>
<i>V. Shmat.</i> On the methods of ppp regional energy projects economic evaluation with uncertainty and risk assessment	
<b><i>Е.Г. Гашо, М.В. Степанова.</i></b> Развитие регионов через повышение энергоэффективности.....	<b>59</b>
<i>E. Gasho, M. Stepanova.</i> The regional development through the increase of energy efficiency	
<b><i>Н.А. Петров.</i></b> Ход реализации и необходимость корректировки энергетической стратегии Республики Саха (Якутия) с высоты целей будущего.....	<b>67</b>
<i>N. Petrov.</i> The progress and the need for correction of energy strategy of Sakha (Yakutia) from the point of view of the future	
<b><i>А.И. Соляник.</i></b> Проблемы управления развитием электроэнергетики после дерегулирования: российский и зарубежный опыт.....	<b>78</b>
<i>A. Solyanik.</i> The problems of power industry development after deregulation: russian and foreign experience	

УДК 621.31 (470.311)

Л.В. Неганов<sup>1</sup>

## **ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

В рамках данной статьи проведен анализ современного состояния электроэнергетического комплекса Подмосковья, потребностей региона в электроэнергии и существующих основных проблем. Определены ключевые цели и задачи перспективного развития электроэнергетической системы Московской области на период до 2025 года.

*Ключевые слова:* Московская область, энергетическая политика, энергетический комплекс, электроэнергетика, энергопотребление, развитие.

Разработка и последующая реализация современной государственной политики развития энергетической инфраструктуры в субъектах Российской Федерации является одной из наиболее актуальных проблем социально-экономического развития российских регионов.

Относительно недавно отмечалось, что рост спроса на энергию и энергоносители внутри страны сталкивается с ограничениями, связанными с невозможностью адекватного роста предложения и угрозой дефицита энергии. На всех уровнях управления в тот период ставился вопрос о необходимости опережающего развития энергетической инфраструктуры.

В настоящее время ситуация изменилась, но потребность в решении проблем регионального энергетического развития не только сохранилась, но и возросла. Необходимость ускоренного решения этих вопросов определяется целым рядом факторов, среди которых хотелось отметить следующие.

Изменения в структуре экономики России, переход к более гибкой экономике, в основе которой – средние и малые предприятия, требует соответствующих изменений в инфраструктуре, прежде всего энергетической. Это основополагающее условие, заставляющее заниматься решением вопросов модернизации энергетической инфраструктуры и изменением системы отношений между потребителями и поставщиками ресурсов. Целью этого процесса является создание условий, необходимых для обеспечения требуемых темпов экономического роста.

Возрастающие требования потребителей к доступности и качеству энергетических ре-

сурсов, надежности энергоснабжения, износ и старение основных фондов энергетических предприятий, рост стоимости топливно-энергетических ресурсов внутри страны, непредсказуемость развития экономической ситуации, неослабевающая конкуренция, ресурсные ограничения делают задачу выбора эффективного пути развития энергетики еще более актуальной. Основные проблемы при этом сконцентрированы на региональном и муниципальном уровне.

Конечной целью модернизации должно быть обеспечение потребностей экономики в доступных энергоресурсах, поставляемых с требуемыми показателями надежности и качества энергоснабжения.

Направления и задачи государственной энергетической политики определяются сложившимися условиями, потребностями развития территории и ресурсными возможностями. Каковы же эти условия в Московской области?

### **Потребности региона**

Московская область относится к динамично развивающимся субъектам Российской Федерации с уровнем и темпами экономического развития выше среднего.

В Подмосковье производится 4% общероссийского объема промышленной продукции, которая представлена в основном обрабатывающими производствами – до 5% общероссийского производства. Более 85% объема отгруженных товаров, произведенных в области, приходится на обрабатывающие производства, в среднем по России этот показатель составляет 65%. Основ-

---

<sup>1</sup> Леонид Валериевич Неганов – министр энергетики Московской области, e-mail: pochta@minenergomo.ru

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

ные отрасли промышленности в Московской области – производство пищевых продуктов, продукции металлургии, машиностроения, химии и строительных материалов.

С 1 июля 2012 г. территория Московской области уменьшилась на 1,49 тыс. км<sup>2</sup> за счет перехода подмосковных земель к Москве. Численность населения области при этом уменьшилась примерно на 250 тыс. человек, в том числе за счет проживающих на территориях муниципальных образований, полностью вошедших в состав Москвы – 243,6 тыс. человек (данные на 1 января 2012 г.).

Таким образом, общая территория Московской области составляет 44,4 тыс. км<sup>2</sup>, на которой по состоянию на 01.01.2014 г. проживало 7,134 млн человек. Уровень урбанизации региона 81,4%, что соответствует среднему показателю по ЦФО. Рост численности населения в регионе определяется в основном миграцией населения.

Московский регион – крупнейший транспортный узел страны, осуществляющий международные и внутренние связи. Густота железнодорожных путей общего пользования по Москве и Московской области достигает 577 км на 10000 км<sup>2</sup> территории (при 50 км в среднем по России), автомобильных дорог с твердым покрытием – 672 км на 1000 км<sup>2</sup> (при 43 км в среднем по России).

Суммарный пассажиропоток по трем аэропортам («Внуково», «Шереметьево», «Домодедово») за 2009-2014 гг. увеличился практически вдвое и превысил 64 млн человек в год (85% приходится на аэропорты «Домодедово» и «Шереметьево»).

Объем отправления пассажиров железнодорожным транспортом достиг в 2014 г. 311,4 млн человек (29% от соответствующего показателя по стране).

В 2014 г. объем потребления электроэнергии в Московской обл. по данным Московского РДУ составил 50,6 млрд кВт·ч, что соответствует среднегодовому росту по сравнению с 2013 г. в 1,8% (по ОЭС Центра среднегодовой рост составил 1,1%, по ЕЭС России – 0,4%).

На рис. 1 представлена динамика показателей электропотребления по Московской обл., на рис. 2 – структура потребления электроэнергии за 2013 год.

В 2014 г. совмещенные электрические нагрузки Московской обл. на час прохождения максимума зафиксированы на уровне 8,12 тыс. МВт. Прирост нагрузки по Московской обл. наблюдается более высокими темпами, чем в целом по Московской энергосистеме.

При этом показатели экономического развития Подмосковья характеризовались более высокими темпами роста. Изменение объемов валового регионального продукта Московской обл. за сопоставимый период приведено в табл. 1.



Рис. 1. Динамика показателей электропотребления по Московской области

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

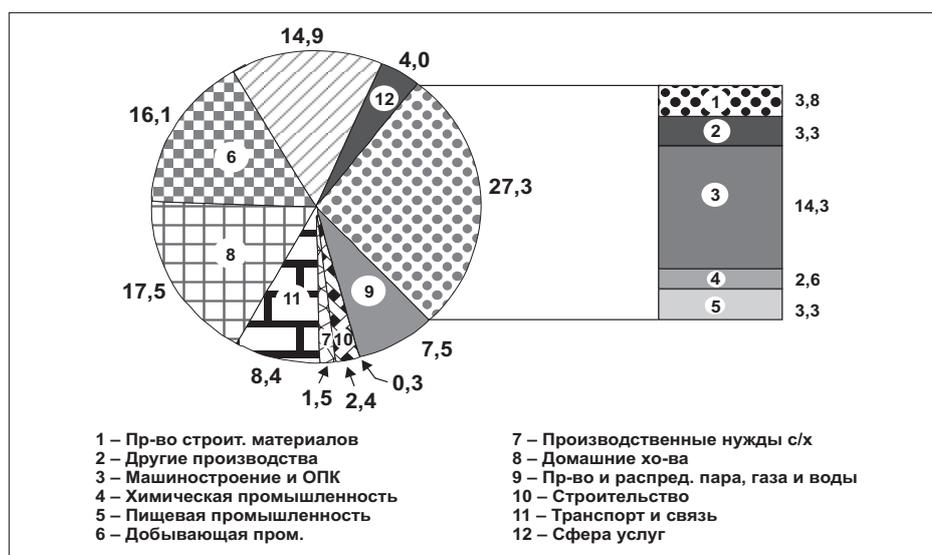


Рис. 2. Структура электропотребления Московской области, 2013 год

Таблица 1

**Объемы валового регионального продукта Московской области, 2010-2013 гг.**

Показатели	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
ВРП (в текущих основных ценах), млн руб.	1832867,3	2176795,3	2357081,9	2551284,2
Индекс физического объема ВРП в % к предыдущему году	107,7	108,1	104,8	102,2
Темпы роста потребления электроэнергии, в % к предыдущему году	104,9	100,8	101,4	99

Потребление электрической энергии на территории Подмосковья характеризуется относительно равномерным распределением между отраслями экономики области. Темпы социально-экономического развития территории области гораздо выше темпов роста потребления электрической энергии, что свидетельствует о росте энергетической эффективности экономики региона. В основе этого процесса лежат структурные изменения в экономике области.

### Существующее положение энергетического комплекса

**Генерация.** На территории Московской обл. расположены электростанции ОАО «Мосэнерго», ОАО «Интер РАО-Электрогенерация» (Ка-

ширская ГРЭС), ОАО «Э.ОН Россия» (Шатурская ГРЭС), ОАО «РусГидро» (Загорская ГАЭС) и когенерационные блок-станции предприятий и организаций различных форм собственности.

Установленная мощность электростанций Московской обл. на 01.01.2015 г. составила 7922,55 МВт.

В табл. 2 представлена доля выработки электроэнергии станциями Московской обл. в суммарной выработке всех станций Московской энергосистемы за 2009-2014 гг.

Потребление электрической энергии в области не обеспечивается наличием мощностей по ее производству, что позволяет говорить о дефиците электрической мощности. В 2014 г. получение мощности в энергосистему Московской обл. из соседних энергосистем ОЭС Центра состави-

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

Таблица 2

**Выработка электроэнергии станциями Московской области**

Выработка электроэнергии	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Московская энергосистема, млн кВт·ч	75944,2	82576,3	85011,8	80603,7	77163,64	72896,67
Московская область, млн кВт·ч	25903,18	29929,11	31732,08	28139,3	28095,41	25399,43
Доля выработки станций Московской области, в %	34,1	36,2	37,3	34,9	36,4	34,8

до 36,6% от максимальной нагрузки, получение электроэнергии – 50% от объема ее потребления.

Подмосковье располагает ограниченными запасами собственных топливно-энергетических ресурсов, при этом основной для области вид топлива – природный газ на ее территории не добывается, а существенное расширение его использования в целом ряде территорий региона упирается в необходимость значительных капитальных вложений в развитие газотранспортной инфраструктуры.

В связи с этим возможности по увеличению производства электроэнергии на территории области с использованием традиционных подходов и технологий являются весьма ограниченными.

*Передача и распределение.* Энергосистема Московской обл. имеет внешние электрические связи с Костромской, Тверской, Ярославской, Рязанской, Владимирской, Смоленской, Калужской и Тульской энергосистемами.

Получение мощности осуществляется из Тверской энергосистемы (Калининская АЭС и Конаковская ГРЭС) и из Рязанской энергосистемы (Рязанская ГРЭС). В существующей схеме сети загрузка межсистемных линий электропередач 75/110 кВ в целом не превышает предельно допустимые величины.

На территории Московской области действуют электрические сети напряжением 750, 500, 220, 110 кВ и ниже. Электрические объекты напряжением 500 кВ и выше Московского региона эксплуатируются и обслуживаются филиалом ОАО «ФСК ЕЭС» МЭС Центра.

В настоящее время в состав энергосистемы Московской области входят следующие подстанции напряжением 750 и 500 кВ:

- две подстанции с высшим напряжением 750 кВ – ПС 750/500/110 кВ Белый Раст и ПС 750/500/220/110 кВ Грибово;
- шесть подстанций с высшим напряжением 500 кВ – Ногинск, Пахра, Трубино, Западная, Новокаширская, Дорохово.

Подстанции 500 кВ Ногинск, Пахра, Трубино, Западная и ПС 750 кВ Белый Раст включены в Московское кольцо линий электропередачи 500 кВ.

Протяженность ЛЭП 500/750 кВ по территории Московской обл. составляет:

- на напряжении 750 кВ – 109,4 км;
- на напряжении 500 кВ – 1241,6 км.

В энергосистеме Московской обл. сложился радиальный принцип построения электрических сетей 110 и 220 кВ. Кольцо 220 кВ проходит по территории г. Москвы, при этом на севере и юге кольцо двухцепное, на востоке – четырехцепное, на западе – одноцепное. От кольца отходят радиальные линии, связывающие электрические сети города с областью. Сеть 110 кВ является главной распределительной системой в электроснабжении области.

Электрическая сеть напряжением 220 кВ и ниже Московской энергосистемы разделена по территориальному принципу между шестью филиалами ОАО «МОЭСК», из них четыре филиала расположены на территории Московской области.

Кроме ОАО «МОЭСК» обслуживание потребителей осуществляют более 140 территориальных сетевых организаций. Крупнейшей из них является АО «Московская областная энергосетевая компания» с объемом полезного отпуска электроэнергии 3 251 586 тыс. кВт·ч. В настоя-

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

щее время идет активная работа по консолидации электросетевых активов, прежде всего находящихся в муниципальной собственности.

Протяженность ЛЭП, обслуживаемых ОАО «МОЭСК» на территории Московской обл., составляет:

- напряжением 220 кВ – 1376,3 км;
- напряжением 110 кВ – 8850 км.

Суммарная трансформаторная мощность подстанций, обслуживаемых ОАО «МОЭСК», на территории Московской обл. составляет:

- 220 кВ – 8189 МВА;
- 110 кВ – 16213 МВА.

Объем полезного отпуска ОАО «МОЭСК» из сети на территории Московской обл. в 2014 г. составил 38 627 760 тыс. кВт·ч.

Состояние и уровень развития электросетевого комплекса Подмосковья позволяет в основном обеспечить потребности области в электроэнергии на уровне высокого и среднего напряжения. Основные проблемы связаны с работой распределительных электрических сетей низкого напряжения и обеспечением доступности технологического присоединения к электрическим сетям.

### Основные проблемы

Основными техническими проблемами функционирования энергосистемы Московской обл. являются:

- Износ, старение и неравномерная нагрузка электросетевого оборудования.

Наиболее загружены автотрансформаторы на ПС Трубино (56-76% от установленной мощности трансформаторного оборудования) и ПС Пахра (68-97%), при этом на этих подстанциях автотрансформаторы находятся в эксплуатации более 25 лет.

Большинство ЛЭП 500-750 кВ были построены более 40 лет назад. Исключение составляют ВЛ 500 кВ Конаково – Трубино, Загорская ГАЭС – Трубино, Кострома – Загорская ГАЭС и Грибово – Дорохово.

Анализ загрузки ВЛ 500 кВ Московского кольца, выполненный по данным МЭС Центра ОАО «ФСК ЕЭС» в зимний максимум нагрузок 2011-2014 гг., показал, что их нагрузка не превышает 50%.

На балансе МЭС Центра находятся 23 подстанции с высшим напряжением 220 кВ, расположенные на территории Московской области. Средний срок службы трансформаторов и автотрансформаторов на этих ПС составляет 30-45 лет. Наибольшая нагрузка автотрансформаторов в нормальном режиме наблюдалась на ПС 220 кВ Бугры, Голутвин, Грибово, Кедрово, Луч, Нежино, Пески, Темпы, Стачка.

Практически на каждой из подстанций энергосистемы Московской обл. до сих пор находится в работе оборудование, выработавшее нормативный ресурс, есть трансформаторы, находящиеся на особом учете по данным хромотографического анализа.

Общая протяженность линий 220 кВ в одноцепном исчислении, находящихся в эксплуатации МЭС Центра, по территории Московской обл. составляет порядка 3400 км. Срок эксплуатации некоторых ЛЭП превышает 50-60 лет, а воздушных линий, отходящих от Каширской ГРЭС, – 70 лет.

- Ограничение возможности технологического присоединения новых потребителей к электрической сети энергосистемы Московской обл., связанное с повышенной нагрузкой ряда кабельных и воздушных линий электропередач и трансформаторов сети 220-110 кВ.

Кроме этого, отмечается повышенная нагрузка автотрансформаторов 500/220, 500/110 кВ Московского кольца, которая ограничивает суммарную пропускную способность внешних связей Московской энергосистемы до 5000 МВт:

- Наличие значительного количества подстанций с перегружающимися в аварийном режиме трансформаторами. Отмечается значительное количество подстанций, выполненных по упрощенным схемам подключения к ЛЭП отпайками с помощью отделителей и короткозамыкателей, что резко снижает надежность электроснабжения;
- Большие величины токов короткого замыкания и недостаточная отключающая способность выключателей 500, 220 и 110 кВ, что требует проведения различных мероприятий по их ограничению, приводящих к снижению надежности электроснабжения потребителей:

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

На одной подстанции 500 кВ, 2-х подстанциях 220 кВ и 10-ти подстанциях 110 кВ установлены выключатели, отключающая способность которых не соответствует уровню токов короткого замыкания на шинах 110-220-500 кВ этих подстанций. На 80-ти подстанциях 110 кВ не установлены выключатели.

Рост токов короткого замыкания в энергосистеме Московской обл. связан с наличием мощных электростанций и подстанций 500 кВ, а также определяется сравнительно небольшими расстояниями между электросетевыми объектами. Ввод новых трансформаторных и генераторных мощностей, линий электропередачи в энергосистеме непосредственно сказывается на росте уровней токов короткого замыкания в сети.

В настоящее время наибольшая величина токов короткого замыкания в сети 110 и 220 кВ наблюдается на шинах подстанций и электростанций, расположенных на территории ближайшего Подмосковья. При этом необходимо отметить, что наибольшее возрастание уровней токов короткого замыкания наблюдается в сети 220 кВ. Электрическая сеть 220 и 110 кВ в энергосистеме Московской обл. сильно секционирована, электрическая сеть 500 кВ работает замкнуто.

- Затруднения при регулировании напряжения в сети энергосистемы Московской обл., связанные с недостаточностью и низкой эффективностью средств управления и компенсации реактивной мощности: отсутствием работоспособных устройств РПН на автотрансформаторах, достаточного числа регулируемых средств управления и компенсации реактивной мощности на напряжении 110-220 кВ;
- Высокая стоимость земли и как следствие этого – необходимость компактного исполнения объектов электрических сетей и тщательного анализа наиболее оптимального размещения объектов энергетического комплекса на территории области.
- Наличие ряда подстанций присоединенных к сетям Московской энергосистемы по тупиковой схеме или являющихся единственным центром питания на территории муниципального образования (табл. 3). В основном такие подстанции используются для снабжения электрической энергией отдельных населенных пунктов или каких-либо отдельных объектов и обладают меньшей степенью надежности. Это приводит к отсутствию технической возможности покрытия прироста

Таблица 3

**Тупиковые подстанции и единственные центры питания в муниципальных районах и городских округах Московской области**

№ п/п	Муниципальные образования	Тупиковые ПС	Доля от общего числа ПС 35-500 кВ, расположенных на территории муниципального образования, в %	Единственный центр питания на территории муниципального образования
1	г.о. Коломна	ПС 110 кВ: Бочманово, Дизель, Митяево, Сосны, Тепловозная, Щурово	86	
2	Лотошинский м.р.	ПС 110 кВ Лотошино	33	
3	Шаховской м.р.	ПС 110 кВ Шаховская	11	
4	Одинцовский м.р.	ПС 110 кВ Успенская, ПС 110 кВ Усово	9	
5	Наро-Фоминский м.р.	ПС 110 кВ Веряя	7	
6	Клинский м.р.	ПС 110 кВ Круг, ПС 110 кВ Алферово (аб.)	11	

**РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА:  
НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ**

*Окончание табл. 3*

№ п/п	Муниципальные образования	Тупиковые ПС	Доля от общего числа ПС 35-500 кВ, расположенных на территории муниципального образования, в %	Единственный центр питания на территории муниципального образования
7	г.о. Королев	ПС 110 кВ Пионерская	20	
8	Мытищинский м.р.	ПС 110 кВ Жостово	9	
9	Сергиево-Посадский м.р.	ПС 110 кВ Реммаш, ПС 110 кВ Кунья	7	
10	Солнечногорский м.р.	ПС 110 кВ Осиновка, ПС 110 кВ Голубая (аб.)	13	
11	г.о. Химки	ПС 110 кВ Аэропорт	9	
12	г.о. Дубна	ПС 110 кВ Дубна (аб.), ПС 110 кВ Залесье 1 (аб.), ПС 110 кВ Залесье 1 (аб.), ПС 110 кВ Сестра (аб.)	100	
13	г.о. Домодедово	ПС 110 кВ Садовая (аб.)	6	
14	г.о. Подольск	ПС 110 кВ Северово	13	
15	г.о. Климовск	ПС 110 кВ Климовская	50	
16	Раменский м.р.	ПС 110 кВ Сафоново (аб.)	6	
17	г.о. Жуковский	ПС 110 кВ Жуковская (аб.), ПС 110 кВ ЦРП (аб.)	67	
18	Серпуховской м.р.	ПС 110 кВ Калиново, ПС 110 кВ Лазарево	18	
19	Ступинский м.р.	ПС 110 кВ Головlinkка	5	
20	г.о. Звенигород		100	ПС 110 кВ Звенигород
21	г.о. Лосино-Петровский		100	ПС 110 кВ Монино
22	г.о. Рошаль		100	ПС 110 кВ Рошаль
23	г.о. Фрязино		100	ПС 110 кВ Фрязино
24	г.о. Черноголовка		100	ПС 110 кВ Черноголовка
25	г.о. Котельники		100	ПС 110 кВ Котельники
26	г.о. Бронницы		100	ПС 110 кВ Бронницы
27	г.о. Протвино		100	ПС 110 кВ Протвино
28	г. о. Серпухов		100	ПС 110 кВ Серпухов
29	г.о. Пущино		100	ПС 110 кВ Пущино

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

электрических нагрузок существующих и планируемых объектов капитального строительства, не обеспечивается нормативная надежность электроснабжения потребителей электроэнергии.

Такие ситуации отмечаются на территории 29-ти муниципальных образований из 72-х городских округов и муниципальных районов Московской обл., что составляет 40% от их общего количества.

Отмеченные проблемы приводят к ограничению выдачи мощности существующих электростанций, трудностям с обеспечением требуемой степени надежности электроснабжения потребителей и поддержанием напряжения сети в нормативных пределах.

Сооружение новых и реконструкция существующих электросетевых объектов напряжением 110 кВ и выше за последние 5 лет были связаны с необходимостью обеспечения выдачи мощности ТЭЦ-27 и Калининской АЭС, повышения надежности электроснабжения потребителей. Эти мероприятия обеспечили возможность подключения новых питающих центров, но не решили до конца проблемы доступности и надежности энергоснабжения региона.

### Планирование развития

Сбалансированное развитие энергетической инфраструктуры является одним из факторов, определяющих условия социально-экономического развития Московской обл. и конкурентоспособность региона.

Центральным исполнительным органом государственной власти, реализующим основные функции управления электроэнергетикой на территории Подмосковья, является Министерство энергетики Московской области.

В современных условиях важнейшей функцией управления региональной энергетикой становится планирование развития, которое должно осуществляться на научной основе, системно и непрерывно, с привлечением ведущих специалистов и экспертных организаций нашей страны.

Основным плановым документом, определяющим развитие электроэнергетической отрасли Московской обл., является «Схема и программа перспективного развития электроэнергетики

Московской области на пятилетний период». Этот программный документ разрабатывается в рамках государственного заказа на проведение НИР. Его подготовка проводится в соответствии с требованиями, установленными постановлением Правительства РФ от 17.10.2009 № 823 «О схемах и программах перспективного развития электроэнергетики» и тесно связана со Схемой и программой развития ЕЭС России на семилетний период.

Государственным заказчиком НИР по разработке «Схемы и программы перспективного развития электроэнергетики Московской области на пятилетний период» является Министерство энергетики Московской области.

Целями разработки Схемы и программы перспективного развития электроэнергетики Московской обл. являются обеспечение:

- бесперебойного и надежного электроснабжения существующих потребителей;
- перспективного спроса на электроэнергию, увязанного с ростом экономики и социальной сферы Московской области;
- устойчивого и эффективного функционирования энергосистемы Московской области в составе ЕЭС России.

При планировании развития энергетики одним из основных параметров является обоснованный прогноз спроса на электрическую энергию.

Прогноз спроса на электроэнергию в рамках работы над Схемой и программой развития электроэнергетики Московской области на период 2016-2020 гг. формировался в двух вариантах:

- Базовом варианте, в основе которого лежат данные Системного оператора, используемые при разработке Схемы и программы развития ЕЭС России.
- Региональном варианте, который разрабатывался с учетом данных о прогнозе максимальных объемов потребления мощности; заявок на технологическое присоединение; сведений, представляемых крупными энергоемкими потребителями электрической энергии с присоединенной мощностью более 1 МВт; информации об инвестиционных проектах, реализация которых планируется на тер-

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ



Рис. 3. Прогноз динамики электропотребления на период до 2020 г. и на перспективу до 2025 г. по Московской энергосистеме

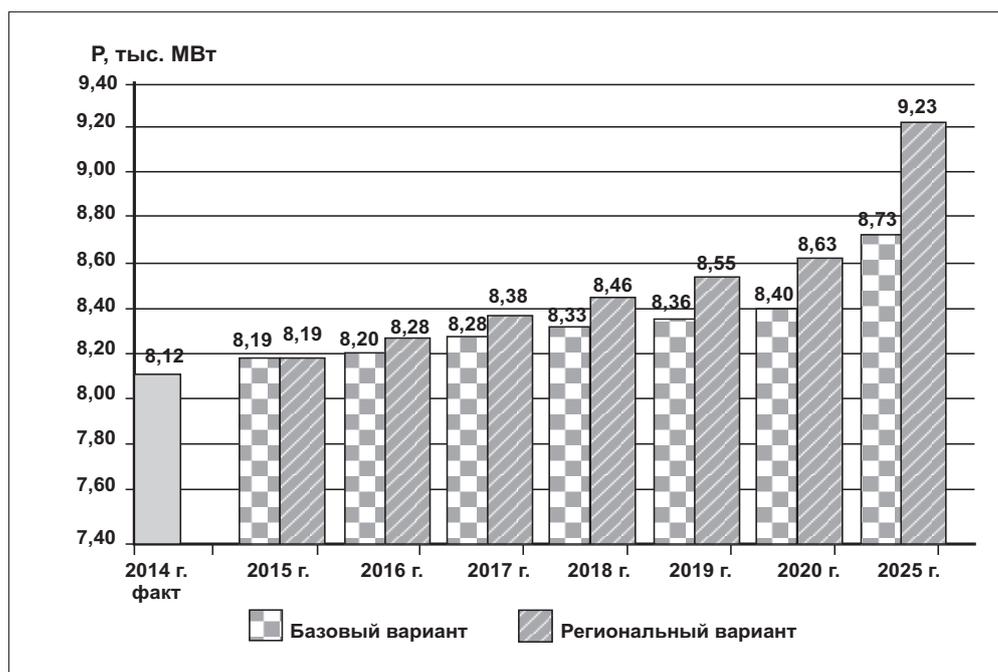


Рис. 4. Перспективные режимы электропотребления Московской области для двух вариантов прогноза электропотребления

ритории области, подтвержденной органами исполнительной власти Московской области.

При прогнозировании электропотребления в региональном варианте использовались два альтернативных подхода к прогнозированию энергопотребления:

- сверху-вниз – прогнозирование спроса на электроэнергию на основе макроэкономических прогнозов;
- снизу-вверх – прогнозирование спроса на электроэнергию на основе прогнозирования с учетом региональной и муниципальной статистической информации

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

(фактического электропотребления, прогнозов социально-экономического развития муниципальных образований Московской обл., данных по перспективным инвестиционным проектам и заявкам на технологическое присоединение и др.). В этом случае использовалась экономико-математическая модель Московской обл. с применением итерационного подхода.

Результаты прогноза динамики электропотребления на период до 2020 г. и на перспективу до 2025 г. по Московской энергосистеме приведены на рис. 3.

Перспективные совмещенные электрические нагрузки Московской обл. на час прохождения максимума Московской энергосистемы представлены на рис. 4.

Прогнозные балансы мощности сформированы для наиболее экстремального режима работы энергосистемы Московской области и нацелены на определение общей потребности в установленной мощности электростанций, необходимой для покрытия нагрузки потребителей и обеспечения нормативного резерва мощности.

Как в базовом, так и региональном варианте на перспективу до 2025 г. сохраняется потребность в получении мощности из сопредельных энергосистем ОЭС Центра. Потребность в мощности на территории Подмоскovie к 2030 г. может возрасти на 3,35 тыс. МВт к уровню 2014 года.

К 2020 г. дополнительная потребность в мощности в базовом варианте развития энергосистемы Московской обл. будет около 770 МВт, к 2025 г. она увеличится и составит 1210 МВт.

В региональном варианте при росте нагрузки и незначительном увеличении мощности генерирующего оборудования дополнительная потребность в мощности в энергосистеме Московской обл. может составить в 2020 г. 900 МВт, а в 2025 г. – 1730 МВт.

Прогноз спроса на электроэнергию, выполненный на основании региональных данных (региональный вариант), в перспективе до 2025 г. превышает прогноз базового варианта на 4,4%. Несколько больший разрыв наблюдается в прогнозе потребности в электрической мощности – 5,7% между базовым и региональным вариантом.

В какой-то степени это может быть объяснено сложившейся практикой подачи заявок на технологическое присоединение с запасом, не всегда корректно определенных нагрузках и режимах работы потребителей.

Требует дополнительного анализа возможность уменьшения потребности во вводе дополнительных мощностей при проведении системной работы по повышению эффективности использования электрической энергии как на новых объектах, так и у существующих потребителей. Отдельным вопросом остается развитие собственной электрогенерации у потребителей и гармонизации этого процесса с развитием электросетевого комплекса региона.

При любом варианте прогноза темпы роста спроса на электрическую энергию значительно отстают от прогнозных темпов роста экономики, социальной сферы и жилищного строительства Московской области. Это позволяет говорить об устойчивом снижении энергоемкости экономики области.

Настоящая статья задумывалась как цикл публикаций, отражающих направления и задачи государственной энергетической политики на примере одного из наиболее динамично развивающихся регионов России – Московской области.

В рамках данной публикации удалось, да и то частично, рассказать только о существующем положении энергетического комплекса Подмоскovie, проблемах и общих целях его развития.

В следующих выпусках мы планируем дальнейшее раскрытие темы с представлением данных анализа потребителей, основных задач и мероприятий по развитию энергетического комплекса Подмоскovie, целей и содержания инвестиционных программ энергетических предприятий как основного инструмента и источника ресурсов для реализации энергетической политики. Отдельного внимания, на наш взгляд, заслуживают вопросы территориального планирования региона и муниципальных образований, связь этого процесса с развитием энергетической инфраструктуры.

Повышение доступности технологического присоединения, проблемы, эффекты и эффективность этого процесса также входит в число тем будущих публикаций.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

По общему мнению, развитию энергетической инфраструктуры российских регионов уделяется еще недостаточно внимания, и мы хотели бы организовать серьезное, системное обсужде-

ние проблем региональной энергетики. Приглашаем к этому разговору все заинтересованные стороны и надеемся, что он обязательно состоится на страницах уважаемого нами журнала.

Поступила в редакцию  
17.06.2015 г.

L. Neganov<sup>2</sup>

### STATE REGIONAL ENERGY POLICY OF THE MOSCOW REGION

This paper analyses the current state of the power sector in the Moscow region, its demand of power and its current issues. The paper defines the key aims and goals of future power sector development up to the year 2025.

*Key words:* Moscow region, energy policy, energy sector, energy consumption, development.

---

<sup>2</sup> Leonid V. Neganov – the Minister of Energy of Moscow region, *e-mail*: pochta@minenergomo.ru

УДК 004.6:620.9

И.Д. Ратманова<sup>1</sup>

## **ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ**

На основе детального исследования законодательной базы определены основные составляющие информационно-аналитического сопровождения региональной энергетической политики. Разработана технология организации информационной поддержки принятия решений на основе региональной информационно-аналитической системы ведения топливно-энергетических балансов. Использование полученных результатов направлено на повышение энергетической эффективности в регионе.

*Ключевые слова:* региональная энергетическая политика, энергосбережение, информационная поддержка принятия решений, информационно-аналитическая система.

Происходящие в России структурные изменения в энергетике обострили ситуацию и вызвали повышенный интерес к проблемам региональной энергетики. Учитывая большую размерность структуры топливно-энергетического комплекса региона, пересечение интересов ряда ведомственных вертикалей, объединение нескольких десятков видов экономической деятельности, многоуровневую территориально распределенную структуру, возникает очевидная проблема организации эффективного управления ТЭК. При этом проведение обоснованной энергетической политики невозможно без соответствующей информационной поддержки.

### **Роль региональной энергетической статистики для поддержки принятия решений по развитию и совершенствованию ТЭК**

Учитывая сложность и масштабность объекта управления, целесообразно применение принципа управления «от данных», развиваемого концепцией контроллинга [1]. Представляется, что формирование на региональном уровне интегрированной базы статистических данных по поставщикам и потребителям топливно-энергетических ресурсов необходимо в целях принятия обоснованных решений по стратегии развития ТЭК региона. Комплексный анализ ретроспективы накопленной информации обеспечивает оценку состояния то-

пливно-энергетического комплекса для определения ориентиров дальнейшего развития. В целях определения состава информационной базы был проведен анализ соответствующих нормативных документов.

Согласно Федеральному закону «Об электроэнергетике» от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ (гл. 5, ч. 4, ст. 21), «органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации наделяются полномочиями на государственное регулирование и контроль в электроэнергетике, в том числе: утверждение инвестиционных программ субъектов электроэнергетики, а также контроль за реализацией таких программ; согласование размещения объектов электроэнергетики на территориях соответствующих субъектов Российской Федерации; создание штабов по обеспечению безопасности электроснабжения и обеспечение их функционирования».

В целях информационного обеспечения деятельности органов государственной власти при формировании государственной политики в сфере электроэнергетики перед субъектами Российской Федерации, согласно Постановлению Правительства РФ от 17 октября 2009 г. № 823 «О схемах и программах перспективного развития электроэнергетики», поставлена задача разработки планов развития энергетики региона. Минэнерго России, в свою очередь, подготовило *Методические рекомендации по разработке схем и программ развития электроэнергетики*

---

<sup>1</sup> Ирина Дмитриевна Ратманова – заместитель директора информационно-вычислительного центра Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина, д.т.н., профессор, e-mail: idr@osi.ispu.ru

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

субъекта РФ на 5-летний период (Приложение к Протоколу совещания Минэнерго России от 09 ноября 2010 г. № АШ-369 пр.). В документе констатируется, что основными задачами разработки региональной программы являются: «планирование развития сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей для обеспечения удовлетворения среднесрочного спроса на электрическую энергию (мощность) и тепловую энергию, формирование стабильных и благоприятных условий привлечения инвестиций для создания эффективной и сбалансированной энергетической инфраструктуры, обеспечивающей социально-экономическое развитие и экологически ответственное использование энергии и энергетических ресурсов на территории субъекта Российской Федерации». Отметим, что согласно указанным Методическим рекомендациям при составлении Программы должна быть проанализирована представительная ретроспектива статистических данных (за последние пять лет) по региону в целом, отдельным муниципальным образованиям, а также по конкретным поставщикам и потребителям топливно-энергетических ресурсов.

В принятом Федеральном законе от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» определены полномочия органов государственной власти субъектов РФ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в частности (ст. 7): «...установление требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности; координация мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и контроль за их проведением бюджетными учреждениями, государственными унитарными предприятиями соответствующего субъекта Российской Федерации; осуществление регионального государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности на территории соответствующего субъекта Российской Федерации».

Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» рекомендует (п. 4, 5): «Органам государственной власти субъектов Российской Федерации и органам местного самоуправления ежегодно проводить корректировку планируемых значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности программ с учетом фактически достигнутых результатов реализации программ и изменения социально-экономической ситуации. Также устанавливается, что планируемые и фактически достигнутые в ходе реализации программ значения целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности рассчитываются для каждого года на протяжении всего срока реализации программ».

Постановлением Правительства РФ от 15 июля 2013 г. № 593 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (Приложение № 1 к постановлению Правительства от 31 декабря 2009 г. № 1225) утвержден конкретный перечень целевых показателей региональных и муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. В целях оценки эффективности программных мероприятий необходим регулярный мониторинг и оценка значений целевых показателей энергетической эффективности по региону (муниципальным образованиям) в целом, в государственном и муниципальном секторе, промышленности, энергетике и системах коммунальной инфраструктуры, жилищном фонде, транспортном комплексе. Минэнерго России, в свою очередь, в Приказе от 30 июня 2014 г. № 399 «Об утверждении методики расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях» определило порядок расчета значений целевых показателей, включая общие показатели региональных и муниципальных программ энергосбережения, государственный и муниципальный сектор, промышленность, энергетику, системы коммунальной инфраструктуры.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

Согласно Постановлению Правительства РФ от 22 февраля 2012 г. № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» определяется состав обосновывающих материалов к схеме теплоснабжения, включая балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей, а также топливные балансы источников тепловой энергии. В связи с этим следует заметить, что интеграция данных по перспективным балансам разработанной Схемы теплоснабжения и собранным в результате мониторинга фактическим показателям позволит контролировать выполнение программных мероприятий и оценивать эффективность принятых решений.

Согласно Постановлению Правительства РФ от 14 июня 2013 г. № 502 «Об утверждении требований к программам комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры поселений, городских округов» на муниципальном уровне необходимо определять мероприятия, направленные на повышение энергетической эффективности и технического уровня объектов, входящих в состав систем электро-, газо-, тепло-, водоснабжения и водоотведения, и объектов, используемых для утилизации, обезвреживания и захоронения твердых бытовых отходов. При этом также возникает необходимость информационно-аналитической поддержки этого процесса.

В Приказе Минэкономразвития России от 17 февраля 2010 г. № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован при разработке региональных муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» отмечается (раздел VII, п. 2): *«Организация информационно-аналитического обеспечения государственной политики в области повышения энергетической эффективности и энергосбережения с целью сбора, классификации, учета, контроля и распространения информации в данной сфере, включая: составление, оформление анализ топливно-энергетических балансов, а также единых методологических основ формирования текущих, ретроспективных и перспективных топливно-*

*энергетических балансов и основных индикаторов, демонстрирующих эффективность использования топливно-энергетических ресурсов».*

В настоящее время основным источником сведений о состоянии ТЭК и отдельных его элементов являются формы Федеральной службы государственной статистики. Их использование сопряжено с рядом проблем. Имеют место двойной учет, противоречивость информации, неполнота охвата (применение тактики «досчетов»). Формы Росстата делятся на группы по разделам ОКВЭД. Различные виды деятельности организаций ТЭК в рамках определенного энергетического ресурса разнесены по нескольким веткам ОКВЭД. Кроме того, если в регионе определенным видом деятельности в ТЭК занимается одна или две крупные организации, то получить информацию в территориальном органе статистики даже в целом по региону невозможно. Такое положение не может обеспечить формирование полноценной картины состояния ТЭК региона. Вместе с тем информация федерального статистического наблюдения необходима, а в некоторых случаях является единственным источником информации, в частности, для определения отраслевой структуры конечного потребления ТЭР, объема валового регионального продукта (ВРП) в целом по региону и в отраслевом разрезе и т.п.

Учитывая выше сказанное и многолетний опыт региональной информатизации, можно утверждать, что для принятия решений на уровне органов исполнительной власти субъектов РФ и органов местного самоуправления целесообразно создание и использование региональной информационно-аналитической системы, в которой планомерно накапливается энергетическая статистика в целях обоснованного планирования программных мероприятий, направленных на развитие и совершенствование ТЭК, а также на оценку эффективности программных мероприятий. При этом необходимо поддерживать информационные взаимодействия с федеральными информационными системами в рамках принятых унифицированных форматов. В частности, с функционирующими на федеральном уровне государственными информационными системами ГИС «Энергоэффективность», ГИС ТЭК, ГИС ЖКХ.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

### Балансовый подход – как основа интеграции данных по состоянию ТЭК

Как уже отмечалось, характерными свойствами ТЭК региона является многоотраслевая и территориально распределенная структура, значительная длительность жизненного цикла, принадлежность большому количеству ведомств, объединение объектов различных видов деятельности, форм собственности и принципов работы. В связи с этим в качестве одного из возможных путей исследования состояния ТЭК целесообразно применение балансового метода.

Балансовый метод довольно часто используется в практической деятельности при оценке экономичности и устойчивости функционирования различного рода социально-экономических и технических систем. С его помощью осуществляются увязка потребностей и ресурсов, соизмерение затрат и результатов, обеспечивается единство и сбалансированность всех элементов. Балансовый метод также используется для нахождения и определения путей преодоления отдельных диспропорций в исследуемой системе.

Для реализации балансового подхода в ТЭК составляется топливно-энергетический баланс (ТЭБ). ТЭБ представляет собой систему показателей, отражающих соответствие между приходом и расходом топливно-энергетических ресурсов, источники их поступления и направления использования. Различают сводный ТЭБ и балансы по отдельным видам ТЭР (однопродуктовые балансы), плановые и отчетные балансы. ТЭБ региона необходим для понимания, на какие цели расходуются те или иные энергоресурсы, как они трансформируются из одних форм в другие, в каких секторах экономики и в каких пропорциях они потребляются. ТЭБ можно рассматривать как один из видов информационных моделей ТЭК, который позволяет отразить важнейшие энергетические связи и пропорции.

В целях формирования целостной информационной модели сводного ТЭБ региона были исследованы подходы к формированию топливно-энергетических балансов как в отечественной практике, так и за рубежом (Южной Кореи, Японии, США, Великобритании) [2-6]. Изучен также подход Международного энергетического агентства (МЭА) [7].

ТЭБ региона может быть представлен уравнением баланса первичной поставки всех энергетических ресурсов и их расхода, включая конечное потребление и потери в процессе трансформации и транспортировки:

$$\sum_i \Pi_i = \sum_i K_i + \sum_i H_i + \sum_i \sum_j T_{ij},$$

где  $\Pi_i$  – первичная поставка  $i$ -го ТЭР, которая определяется как сумма добычи (для первичных энергоресурсов), импорта и объема в запасах ресурса за вычетом его экспорта;

$K_i$  – конечное потребление  $i$ -го ТЭР, которое определяется как сумма потребления ресурса населением, хозяйствующими субъектами и расхода на неэнергетическое использование (например, в качестве сырья);

$H_i$  – потери  $i$ -го ТЭР, которые определяются как сумма использования ресурса на собственные нужды субъектов ТЭК (потерь ТЭР в процессе преобразования) и потерь при транспортировке ресурса;

$T_{ij}$  – потери при трансформации  $i$ -го ТЭР в  $j$ -м субъекте ТЭК, которые определяются как разность объема потраченных и произведенных ресурсов.

Таким образом, сводный ТЭБ включает три основных раздела: «Первичное энергопотребление (валовые первичные поставки)», «Преобразование (трансформация) энергоресурсов», «Конечное энергопотребление» (см. рис. 1). К топливно-энергетическим ресурсам относим:

- сырую нефть, газ попутный нефтяной;
- нефтепродукты (газ нефтеперерабатывающих предприятий, мазут топочный, топливо дизельное, топливо печное бытовое, бензин автомобильный, авиабензин, керосин, газотурбинное и прочее моторное топливо, прочие нефтепродукты);
- газ природный, газ сжиженный, биогаз; вторичные горючие энергоресурсы (доменный газ, прочие отходы технологических процессов производства);
- каменный уголь, сланцы, кокс, газ горючий искусственный коксовый;
- торф, дрова, прочее твердое топливо;
- произведенную электрическую и тепловую энергию.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

	Нефть	Нефтепродукты	Газ природный	Уголь	Прочие твердые топлива	Горючие побочные ресурсы	Атомная энергия	Гидроэнергия и НВИЭ	Тепловая энергия	Электрическая энергия	Все ресурсы
Добыча (Производство)					31 628	1 033 832		188 841			1 254 301
Импорт	21 856 001	1 932 730	3 472 770	47 463	-178					504 482	27 793 624
Экспорт		-16 817 518									-16 817 518
Изменение запасов	11 964	-3 834		4 963	-224						-13 868
<b>Общие энергетические ресурсы</b>	<b>21 847 965</b>	<b>-14 887 623</b>	<b>3 472 770</b>	<b>52 426</b>	<b>-31 582</b>	<b>1 033 832</b>		<b>188 841</b>		<b>504 482</b>	<b>12 244 275</b>
Электростанции (ТЭЦ, блок-станции, котельные и др. установки)		-1 092	-1 614 904	-11 583				-188 841	840 914	504 851	-470 655
Котельные		-300 888	-1 389 742	-35 480	-31 188	-239 425			1 384 349		-612 374
Электротепловые									1 384	-1 891	-507
Теплоутилизационные установки									194 298		194 298
Переработка нефти (НПЗ)	-21 847 965	16 823 314									-5 024 651
Переработка газа (ПЗ)											
Обогащение угля (коксоутилизационные заводы)											
Собственные нужды		-288						-55 760		-91 240	-147 288
Потери при передаче				-213				-223 468	-244 834		-468 515
<b>Общие конечные потребности</b>	<b>1 633 423</b>	<b>468 124</b>	<b>5 150</b>	<b>394</b>	<b>-794 407</b>			<b>2 141 719</b>	<b>871 388</b>	<b>-1 141 583</b>	<b>5 141 583</b>
Отпуск населению	606 218	341 835	4 079	394				818 792	124 296		1 895 634
Отпуск хозяйствующим субъектам	1 027 205	126 289	1 071					1 322 927	547 072		3 024 544
Сельское хозяйство											
Промышленность											
Строительство											
Транспорт и связь											
Сфера услуг											
Неэнергетическое потребление						794 407					794 407

Рис. 1. Сводный топливно-энергетический баланс, сформированный в рамках региональной ИАС

Субъектами ТЭК в сводном балансе выступают группы производственных установок, осуществляющих трансформацию топливно-энергетических ресурсов, включая: электростанции (ТЭС, ГЭС, АЭС, НВИЭ, промышленные блок-станции и прочие энергоустановки), котельные, теплоутилизационные установки, нефтеперерабатывающие и газоперерабатывающие предприятия, предприятия по переработке (обогащению) угля, установки, по которым осуществляется транспортировка ТЭР. По каждому субъекту ТЭК определяется расход первичных ТЭР, приход вторичных ТЭР с определением потерь в процессе преобразования энергоресурсов.

Например, потери при трансформации ресурсов на тепловых электростанциях (ТЭС) региона можно определить как:

$$T_{ТЭС} = T_{газ}^{расход} + T_{нефтепрод.}^{расход} + T_{уголь}^{расход} - T_{ЭЭ}^{пр-во} - T_{ТЭ}^{пр-во}$$

Ретроспективный анализ сводных топливно-энергетических балансов региона целесообразно использовать для оценки эффективности энергетической политики в ТЭК региона. Сводный ТЭБ служит информационной базой для расчета валового потребления ТЭР, устанавливает распределение энергетических ресурсов между системами теплоснабжения, электроснабжения, газоснабжения, нефтедобычи и нефтепереработки, добычи и переработки других видов топлива, потребителями или группами потребителей, а также позволяет определить эффективность использования энергетических ре-

сурсов в различных сферах экономики. Баланс является источником информации для определения индикаторов энергетической эффективности региональной энергетической политики.

К индикаторам энергетической эффективности ТЭК региона можно отнести следующие: коэффициент полезного действия ТЭК региона и отдельных субъектов ТЭК; энергоёмкость ВРП; энергоёмкость отдельных видов экономической деятельности; коэффициент энергетической самостоятельности региона; долю потерь в объеме валового первичного потребления ТЭР и ряд других; доля ВЭР и НВЭИ в объеме валового первичного потребления ТЭР и др. Ниже приведены некоторые индикаторы эффективности функционирования ТЭК региона.

Коэффициент полезного действия ТЭК региона определяется как отношение конечного потребления всех топливно-энергетических ресурсов к их первичной поставке:

$$КПД_{ТЭК} = \frac{\sum_i K_i}{\sum_i P_i} \cdot 100\%$$

В частности, эффективность региональной генерации определяется как отношение произведенной энергии к суммарному расходу топлива:

$$КПД_{генерации} = \frac{\sum_j T_{ЭЭ,j}^{пр-во} + \sum_j T_{ТЭ,j}^{пр-во}}{\sum_j \sum_i T_{ji}^{расход}} \cdot 100\%$$

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

Энергоемкость ВРП определяется как отношение валового потребления топливно-энергетических ресурсов к объему валового регионального продукта:

$$\mathcal{E}_{ВРП} = \frac{\sum_i \Pi_i}{ВРП}.$$

Энергетическую самостоятельность региона можно определить как отношение суммы первичных энергетических ресурсов, добытых на территории региона, к общей первичной поставке энергоресурсов:

$$\mathcal{ЭС} = \frac{\sum_i \Pi_i^{\text{добыча}}}{\sum_i \Pi_i} \cdot 100\%.$$

На рис. 1 для примера показан фрагмент отчета по сводному топливно-энергетическому балансу одного из регионов ЦФО, сформированный в рамках региональной информационно-аналитической системы. Ниже приведен расчет ряда индикаторов, отражающих функционирование ТЭК региона в отчетном году:

$$КПД_{ТЭК} = \frac{5\,756\,433}{12\,240\,187} \cdot 100\% = 47\%;$$

$$КПД_{\text{генерации}} = \frac{1\,346\,282}{2\,090\,379} \cdot 100\% = 64,4\%;$$

$$\mathcal{ЭС} = \frac{1\,254\,310}{12\,240\,187} \cdot 100\% = 10,3\%,$$

где ЭС – энергетическая самостоятельность региона.

Следует заметить, что для выполнения оценки энергоемкости в разрезе основных видов экономической деятельности необходимы сведения о потреблении ТЭР в основных сферах экономической деятельности региона. При этом информации нижней полки баланса «Конечное потребление» в разрезе видов экономической деятельности недостаточно для оценки энергоемкости валового регионального продукта в от-

раслевом разрезе. В данном случае отраслевой разрез ВРП следует соотносить с валовым первичным потреблением определенной сферы экономической деятельности (например, транспорт, сельское хозяйство, промышленность и т.д.), а указанная информация учтена в двух разделах ТЭБ («Преобразование (трансформация) энергоресурсов», «Конечное энергопотребление»).

Опыт региональной информатизации показывает, что для формирования полноценного топливно-энергетического баланса региона целесообразна организация энергетического мониторинга на региональном уровне. При этом собранная от поставщиков и потребителей ТЭР информация используется для ретроспективного анализа целевых показателей; оценки эффективности программ энергосбережения; разработки энергетических стратегий; анализа уровня энергетической безопасности; анализа динамики, факторов и причин изменения энергоемкости валового регионального продукта; формирования прогнозных балансов в целях планомерного развития социально-экономического положения территорий.

### Мониторинг и оценка состояния ТЭК в рамках региональной информационно-аналитической системы

В Ивановском государственном энергетическом университете разработана и внедрена в ряде регионов России Информационно-аналитическая система ведения топливно-энергетических балансов региона (ИАС ТЭБ) [8]. Целью создания системы является повышение эффективности государственной политики в сфере топливно-энергетического комплекса за счет организации адекватной информационно-аналитической поддержки процесса принятия решений. Система ориентирована на обеспечение исполнительных органов государственной власти региона актуальной информацией по добыче, производству, поставкам, распределению и потреблению первичных и вторичных ТЭР.

Основные задачи, решаемые системой:

- информационная поддержка принятия решений по стратегии развития ТЭК региона (инвестиционная политика, участие в федеральных целевых программах, формирование областных и муниципальных программ и др);

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

- оценка энергетической безопасности региона;
- информационное сопровождение разработки долгосрочных и среднесрочных программ развития ТЭК, прогнозирования энергопотребления;
- оценка эффективности использования топлива и энергии в регионе в целях оптимального размещения производительных сил региона;
- оценка состояния использования топливно-энергетических ресурсов в экономике, населением и организациями бюджетной сферы;
- информационное обеспечение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- информационное обеспечение мероприятий, направленных на комплексное развитие коммунальной инфраструктуры поселений, городских округов;
- создание и совершенствование системы учета и отчетности за расходом энергетических ресурсов;
- поддержание информационных взаимодействий с Государственной информационной системой в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности; Государственной информационной системой ТЭК; Государственной информационной системой ЖКХ.

ИАС ТЭБ автоматизирует деятельность:

- по сбору информации по технико-экономическим показателям топливно-энергетических балансов организаций ТЭК и принадлежащих им энергетических объектов;
- сбору информации по технико-экономическим показателям энергопотребления в основных отраслях экономики региона, бюджетной сфере и жилищном фонде;
- согласованию и интеграции собранной информации в едином хранилище данных по поставщикам и потребителям топливно-энергетических ресурсов;
- предоставлению доступа к хранилищу данных с возможностью поиска и обработки накопленной информации в целях удовлетворения информационно-анали-

тических потребностей должностных лиц исполнительных органов государственной власти региона и исполнительно-распорядительных органов муниципальных районов и городских округов области;

- подготовке ежегодных аналитических отчетов по топливно-энергетическим балансам региона в целом, а также отдельным муниципальным районам и городским округам в разрезе всех используемых видов топливно-энергетических ресурсов;
- подготовке прочих аналитических материалов, включая ретроспективную оценку целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Информационная поддержка принятия решений в сфере региональной энергетики на базе ИАС ТЭБ включает в себя следующие аналитические сервисы:

- оценка целевых показателей энергоэффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности на территории региона;
- нормирование и лимитирование энергопотребления организациями с участием государства или муниципального образования [9];
- оценка целевых показателей энергоэффективности в бюджетной сфере области (государственном и муниципальном секторе);
- оценка состояния объектов коммунальной инфраструктуры с определением дефектных зон и планированием мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности [10];
- оценка показателей энергетической безопасности региона в целях планирования развития и реконструкции ТЭК региона [11].

К основным этапам организации мониторинга относятся следующие:

- определение в результате информационного обследования круга организаций ТЭК, подлежащих ежегодному мониторингу;
- формирование информационной модели ТЭК региона;

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

- законодательное утверждение форм сбора показателей, методики их заполнения и регламента предоставления отчетных данных;
- сбор сведений непосредственно от организаций ТЭК под управлением соответствующего исполнительного органа;
- анализ накопленной информации в целях программно-целевого планирования. Специально разработанный документ «Порядок ведения топливно-энергетических балансов с использованием региональной информационно-аналитической системы» регламентирует организацию информационных взаимодействий.

К числу организаций ТЭК относятся:

- организации, занимающиеся производством электрической и тепловой энергии, в том числе для собственного энергопотребления;
- теплоснабжающие организации;
- организации, осуществляющие передачу и распределение электрической и (или) тепловой энергии;
- организации, занимающиеся оптовой торговлей электрической и (или) тепловой энергией;
- организации, занимающиеся добычей, переработкой, транспортированием, хранением топлива (нефть, газ попутный нефтяной, природный газ, нефтепродукты, сжиженный газ, уголь, дрова, биогаз, ВЭР, пр.);
- организации, занимающиеся оптовой и розничной торговлей топливом (твердым, моторным, прочим жидким, газообразным);
- организации, являющиеся мелкими коммунально-бытовыми потребителями, использующими топливо (электроэнергию) на обогрев помещений (с годовым расходом топлива от 10 до 25 т у.т.).

В качестве технологической платформы создания ИАС использован комплекс инструментальных средств организации информационной поддержки принятия решений ИнфоВизор, разработанный в Ивановском государственном энергетическом университете. Это набор CASE-средств, ориентированных на разработку кор-

поративных информационно-аналитических систем в различных сферах применения. ИнфоВизор полностью покрывает все аспекты организации корпоративной информационно-аналитической системы. При этом следует отметить, что в процессе разработки ИАС используется ряд дизайнеров (ER-дизайнер для организации хранилища данных и формирования гибких навигационных моделей, OLAP-дизайнер для проектирования аналитических моделей, редактор отчетов – для создания шаблонов регламентированных аналитических отчетов, редактор сценариев – для создания сценариев загрузки данных из внешних источников). В процессе проектирования системы формируется хранилище данных с метаданными, которые интерпретируются в процессе эксплуатации системы соответствующими клиентскими приложениями (сервисами).

Отработанная технология организации информационно-аналитического сопровождения региональной энергетической политики позволяет в течение длительного жизненного цикла поддерживать функционирование ИАС в целях накопления и комплексного анализа статистических данных по развитию энергетической инфраструктуры региона. При этом в основе мониторинга лежит оригинальная многомерная гиперкубическая модель данных (рис. 2).

В процессе эксплуатации ИАС ТЭБ накоплен опыт использования методов интеллектуального анализа данных (ИАД) в целях формирования шаблонов знаний из ретроспективы региональной энергетической статистики. В частности, кластерный анализ данных используется в процессе нормирования и лимитирования энергопотребления в бюджетной сфере для определения средних норм энергопотребления; корреляционно-регрессионный анализ используется в целях прогнозирования развития систем теплоснабжения в муниципальных образованиях; комбинация методов многомерной теории полезности и анализа иерархий положена в основу методики экспертной оценки состояния котельных в разрезе муниципальных образований для выявления проблемных зон и планирования программных мероприятий; индексные методы используются для оценки уровня энергетической эффективности функционирования ТЭК в процессе анализа сводного топливно-энергетического баланса и т.д. Поиск закономерностей в

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

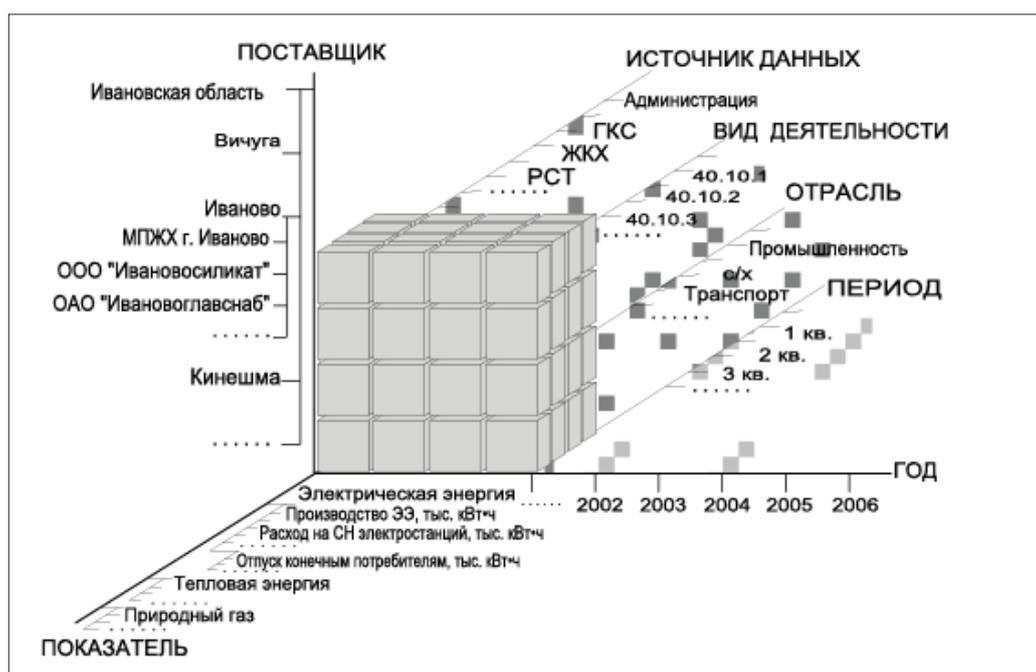


Рис. 2. Многомерная модель показателей топливно-энергетических балансов региона

развитии региональной энергетической инфраструктуры служит основой поддержки принятия решений, направленных на ее дальнейшее развитие и совершенствование. При этом следует заметить, что все перечисленные методы ИАД реально используются в функционирующих региональных ИАС ТЭБ.

### Выводы

1. Интеграция данных по энергетической статистике на региональном уровне является основой информационной поддержки принятия обоснованных решений по развитию и совершенствованию энергетической инфраструктуры.

2. В основе информационной модели ТЭЖ региона лежит система топливно-энергетических балансов поставщиков и потребителей ТЭР, на основе которой формируется сводный ТЭБ региона. Сводный топливно-энергетический баланс является основой ежегодной оценки эффективности региональной энергетической политики.

3. Мониторинг состояния ТЭЖ включает: паспортизацию поставщиков и потребителей ТЭР с формированием целостной информационной модели топливно-энергетического комплекса региона; сбор информации по топливно-энергетическим балансам организаций; ведение многомерной базы данных показателей ТЭБ в рамках региональной ИАС с обеспечением агрегации данных до уровня городских округов, муниципальных районов и региона в целом;

4. Накопленная ретроспектива энергетической статистики обеспечивает возможность извлечения шаблонов знаний для поддержки управления ТЭЖ, включая обоснованные средние нормы энергопотребления; прогностические модели, увязывающие показатели интенсивного развития социально-экономического положения региона с соответствующими показателями энергопотребления; методики экспертной оценки состояния энергетических объектов; методики оценки энергетической безопасности региона и т.д.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Хан Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга: пер. с нем. / под ред. А.А. Турчака, Л.Г. Головача, М.П. Лукашевича. М.: Финансы и статистика, 1997. 800 с.
2. Постановление Национального статистического комитета Республики Беларусь от 4 января 2013 г. № 2 «Методика по формированию топливно-энергетического баланса и расчету энергоемкости валового внутреннего продукта и энергетической самостоятельности».
3. Башмаков И.А. Энергетические балансы РФ и субъектов РФ как основа разработки и мониторинга программ повышения энергоэффективности // Энергосовет. 2012. № 4 (23). С. 21-29.
4. ИНЭС [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ines-ur.ru/enersave\\_1978.html](http://www.ines-ur.ru/enersave_1978.html).
5. OECD [Электронный ресурс]. URL: [http://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-world-energy-statistics-and-balances\\_enestats-data-en](http://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-world-energy-statistics-and-balances_enestats-data-en).
6. КЕЕИ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.keei.re.kr>.
7. IEA [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iea.org/statistics/topics/energybalances>.
8. Организация мониторинга состояния ТЭК на региональном уровне / И.Д. Ратманова, Н.В. Железняк // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 4. С. 57-67.
9. Автоматизация нормирования и лимитирования в бюджетной сфере региона / И.Д. Ратманова, Е.Р. Травников // Вестник ИГЭУ. 2012. Вып. 6. С. 64-69.
10. Подход к организации технического контроллинга в сфере коммунального теплоснабжения / И.Д. Ратманова, О.М. Гурфова // Вестник ИГЭУ. 2012. Вып. 4. С. 71-76.
11. Информационно-аналитическое сопровождение управления энергетической безопасностью на региональном уровне / В.А. Савельев, В.В. Батаева, И.Д. Ратманова // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 63. Проблемы надежности систем энергетики в рыночных условиях. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2013. С.187-199.

Поступила в редакцию  
08.06.2015 г.

**I. Ratmanova<sup>2</sup>**

## **THE APPROACH TO THE ORGANISATION OF INFORMATIONAL AND ANALYTICAL SUPPORT OF REGIONAL ENERGY POLICY**

The paper defines the main components of the informational and analytical support of the regional energy policy based on the detailed research of regulatory environment. The paper presents the technology of organization of the informational support of decision-making based on regional informational and analytical system of fuel and energy balances. The use of the results is expected to lead to the increase of energy efficiency in the region.

*Key words:* regional energy policy, energy saving, informational support of decision-making, informational and analytical system.

---

<sup>2</sup> Irina D. Ratmanova – Deputy Director of Data-Computing Center of Ivanovo State Energy University after V.I. Lenin, Doctor of Engineering, Professor, e-mail: [idr@osi.ispu.ru](mailto:idr@osi.ispu.ru)

УДК 621.311.1.019.3

**Н.И. Воропай, В.А. Стенников, С.М. Сендеров, Е.А. Барахтенко,  
Л.И. Коверникова, О.Н. Войтов, Т.Б. Ощепкова, Л.В. Семенова<sup>1</sup>**

## **ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОГО И МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ<sup>2</sup>**

Представлена структуризация основных инфраструктурных энергетических систем. Предложены элементы концепции интегрированных инфраструктурных энергетических систем. Обсуждаются два примера взаимодействия интегрированных энергетических систем в аварийных условиях.

*Ключевые слова:* энергетические системы, интеграция, критические инфраструктуры, элементы концепции, вызовы.

### **Характеристика проблемы**

Энергетические системы, особенно электро-энергетические, газоснабжающие и теплоснабжающие, играют существенную инфраструктурную роль, которая заключается в снабжении потребителей энергией эффективно, с требуемой надежностью и приемлемым качеством энергоносителя. Они имеют развитую транспортно-распределительную сетевую инфраструктуру. Эти энергетические системы обычно подразделяются на [1, 2]:

- производственно-транспортные – суперсистемы (крупные электростанции и теплоэлектроцентрали, крупные котельные, газовые месторождения, подземные газохранилища, транспортные электрические и трубопроводные сети);
- распределительные энергоснабжающие системы – минисистемы, до недавнего времени представлявшие собой распределительные электрические и трубопроводные сети и не имевшие энергетических источников, а в последние десятилетия включающие установки распределенной генерации;

- локальные энергоснабжающие системы – микросистемы, включающие внутренние электрические и трубопроводные сети предприятий, жилых домов, общественных зданий, которые могут иметь собственные локальные источники энергии.

Производственно-транспортные энергетические системы (суперсистемы) обладают определенной интеграцией в плане использования энергоносителя одной системы в другой (например, газ как топливо на электростанциях и в котельных, электроэнергия на газоперекачивающих агрегатах и др.), взаимозаменяемости энергоносителей, особенно в аварийных условиях (например, мазут вместо газа на электростанциях и в котельных и др.), комплексного использования первичного энергоносителя для производства нескольких конечных энергоносителей (например, газ как топливо на теплоэлектроцентралях для производства электроэнергии и тепла). Указанная интеграция предопределяет ведущую роль рассматриваемых энергетических систем в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК), при этом в результате оптимизации ТЭК определяются рациональные масштабы взаимодействия и взаимовлияния производственно-

---

<sup>1</sup> Николай Иванович Воропай – директор Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН, чл.-корр. РАН, д.т.н., e-mail: voropai@isem.sei.irk.ru;

Валерий Алексеевич Стенников – заместитель директора ИСЭМ СО РАН, д.т.н., профессор, e-mail: sva@isem.sei.irk.ru;

Сергей Михайлович Сендеров – заместитель директора ИСЭМ СО РАН, д.т.н., e-mail: ssm@isem.sei.irk.ru;

Евгений Алексеевич Барахтенко – старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, к.т.н., e-mail: barachten-ko@isem.sei.irk.ru;

Лидия Ивановна Коверникова – старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, к.т.н., e-mail: koverniko-va@isem.sei.irk.ru;

Олег Николаевич Войтов – ведущий научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, к.т.н., e-mail: sdo@isem.sei.irk.ru;

Татьяна Борисовна Ощепкова – главный специалист ИСЭМ СО РАН, к.т.н., e-mail: oshepkova@isem.sei.irk.ru;

Людмила Васильевна Семенова – ведущий инженер ИСЭМ СО РАН, e-mail: cdo@isem.sei.irk.ru.

<sup>2</sup> Работа выполнена в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН и Центре энергетических систем Сколковского института науки и технологий.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

транспортных энергетических систем, а далее их развитие и функционирование и управление ими исследуются независимо. Производственно-транспортные энергетические системы, в силу их масштабности, имеют повышенное внимание в смысле обеспечения эффективности, надежности и качества их функционирования, рациональности развития. Для обеспечения эффективности и надежности этих систем и качества энергоснабжения используются развитые технологии и средства регулирования и автоматики для управления их функционированием [3, 4].

Распределительные энергетические системы (минисистемы) представлены главным образом энергетической инфраструктурой городов, промышленных центров и сельских районов. Эти централизованные системы сформированы либо на базе ТЭЦ с комбинированным производством электрической и тепловой энергии, либо на базе котельных и электростанций с раздельным производством этих видов энергии. Энергетическая инфраструктура городов, промышленных центров и сельских районов включает также газораспределительные сети, доводящие газ до конкретных потребителей. Распределительные энергетические системы городов, в меньшей степени промышленных центров и сельских районов, нередко отличаются большими масштабами, значительной мощностью и объединяют десятки и даже сотни тысяч потребителей. В то же время они имеют упрощенные схемы распределения энергоносителей, недостаточно оснащены средствами регулирования и автоматики, что не позволяет осуществлять управление ими в режиме реального времени и приводит к повышенным финансовым и материальным затратам, а также к значительным потерям энергии [3, 4].

Задачи управления развитием и функционированием систем энергоснабжения городов, промышленных центров и сельских районов в настоящее время решаются раздельно по типам систем, зачастую без увязки между собой получаемых решений [5-7 и др.]. Развиваемое комплексное рассмотрение проблем энергоснабжения регионов [8, 9] ограничивается оптимизацией проектных решений в рамках региональных ТЭК без их дооптимизации на уровне систем энергоснабжения городов, промышленных цен-

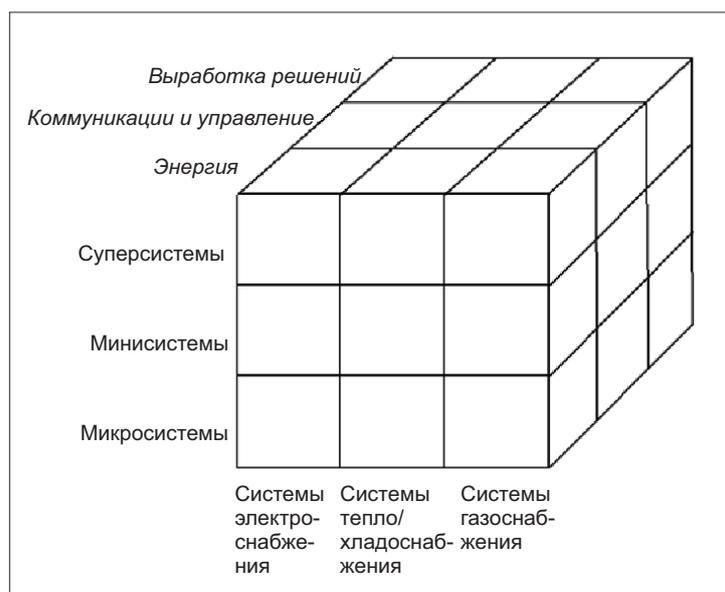
тров и сельских районов и без исследования режимов работы этих систем и управления ими. В связи с этим организация скоординированного процесса развития и эксплуатации этих систем и рассмотрение разнотипных энергетических систем в виде единой интегрированной системы энергоснабжения позволяет значительно повысить их безопасность, надежность, экономичность и экологичность. Неизбежное развитие распределенной генерации на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии как на уровне систем энергоснабжения, так и непосредственно у потребителей, и их интеграция в централизованные системы требуют реализации новых принципов построения этих систем и создания интеллектуальных систем управления ими с развитым информационно-коммуникационным обеспечением. Объединение разрозненных систем различного типа в единый технологический комплекс обеспечит реализацию новых функциональных возможностей, применение более совершенных технологий в эксплуатации и создание интегрированных централизованно-распределенных систем с координированным управлением их режимами и активным участием потребителей в процессе энергоснабжения.

Последнее десятилетие активно проводятся исследования на уровне микросистем [10, 11 и др.]. Этот уровень в России практически пока не рассматривался. Поэтому необходимо, прежде всего, провести тщательный глубокий анализ международного опыта в данной области, а также российской специфики, на основе чего можно было бы сформулировать актуальные направления комплексных исследований.

### Элементы концепции

Рассмотренные особенности интегрированных инфраструктурных энергетических систем дают основания для обобщения и развития представлений о проблеме. Концепция интегрированных инфраструктурных энергетических систем может быть образно представлена в виде некоторой трехслойной структуры в трех измерениях наподобие кубика Рубика (см. рис. 1). Определим эти группы слоев следующим образом: слои систем (системы электро-, тепло/холодо- и

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ



**Рис. 1. Трехслойная структура интегрированных интеллектуальных энергетических систем в трех измерениях**

газоснабжения), слой масштаба (супер-, мини-, микросистемы), слой функций (энергетические, коммуникаций и управления, выработки решений). Рассмотрим более подробно представленную многослойную структуру.

Слой систем особых дополнительных комментариев и уточнений не требуют. Как указывалось выше, это ключевые инфраструктурные энергетические системы. Можно разве что еще раз отметить наличие технологических взаимосвязей между этими энергетическими системами на разных уровнях.

Слой масштаба представляются в виде следующих взаимосвязанных систем:

- суперсистемы включают крупные электростанции (конденсационные и теплоэлектроцентрали), крупные котельные, газовые месторождения, подземные хранилища газа, транспортные электрические, газовые и тепловые сети;
- минисистемы включают миниисточники энергии, подключаемые к распределительным электрическим, тепловым и газовым сетям (мини-ТЭЦ, пиковые котельные, ветропарки, мини-ГЭС, фотоэлектрические комплексы и др.), а также сами упомянутые распределительные сети;
- микросистемы включают одиночные ветроагрегаты, микротурбинные установ-

ки, солнечные коллекторы и фотопанели, микронакопители электроэнергии и тепла и др.), а также внутрисемейные электрические, тепловые и газовые сети.

Упрощенно, в качестве примера, на рис. 2 показаны слои супер-мини-микро-электроэнергетических систем как взаимосвязанных систем на разных уровнях.

Слой функций включают следующие составляющие функции:

- энергетические функции – производство, транспорт, распределение и потребление энергоресурсов (электроэнергии, тепла/холода, газа) на всех уровнях слоев систем и слоев масштаба;
- функции коммуникаций и управления – измерение (получение) информации, ее обработки, передача и представление, а также системы управления режимами и развитием интегрированных интеллектуальных энергетических систем;
- функции выработки решений включают модели и методы обоснования решений по развитию интегрированных энергетических систем, а также настроек систем управления ими.

Отметим достаточно сильные взаимосвязи между слоями функций: слой коммуникаций и управления использует информацию из слоя

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

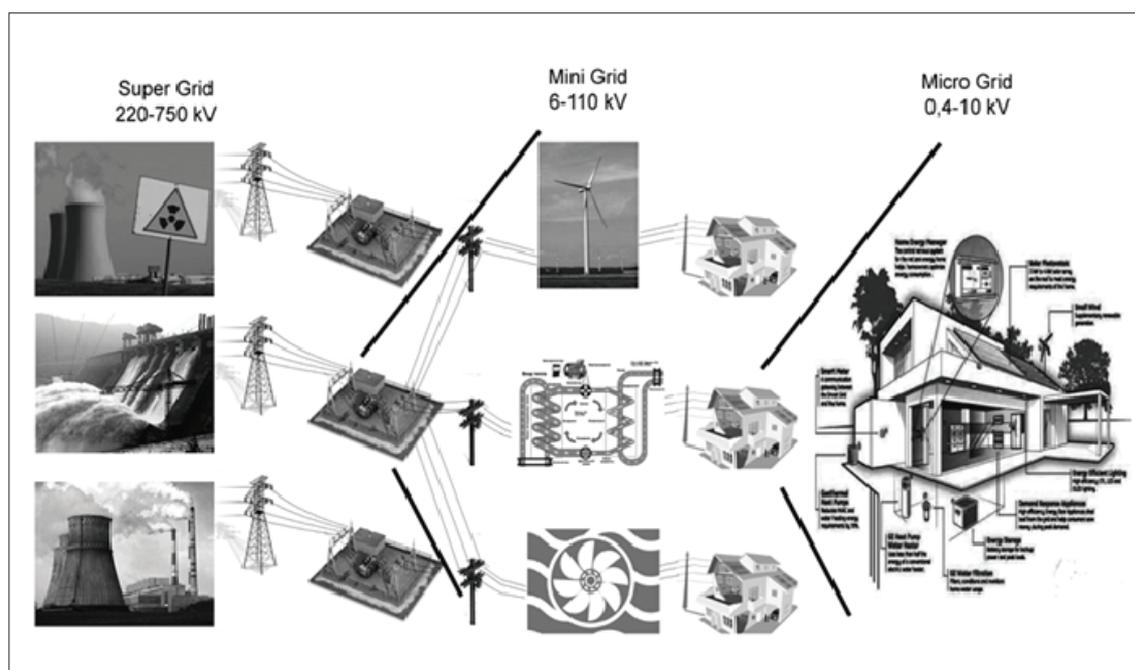


Рис. 2. Супер-мини-микро-энергообъединение

энергетических функций (текущие параметры структуры и режима систем, прогнозная информация на близкую и удаленную перспективу и др.), а также результаты работы моделей и методов слоя выработки решений; слой выработки решений использует информацию из слоя энергетических функций и слоя коммуникаций и управления и на этой основе вырабатывает решения для слоя коммуникаций и управления.

Представленная трехслойная структура интегрированных инфраструктурных энергетических систем в трех измерениях дает возможность рассмотреть проблему с разных позиций и более систематично сформулировать задачи исследований.

### Примеры интеграционных взаимосвязей в аварийных условиях

1. *Авария в газотранспортной сети.* Рассмотрим результаты исследований последствий для потребителей на уровне суперсистем при аварии в газотранспортной сети России, которая упрощенно показана на рис. 3. Представим в качестве исходных условий характеристики газотранспортной сети.

Суммарная длина трубопроводов газотранспортной сети России составляет около 160 тыс. км.

Половина этой длины включает трубы больших диаметров – 1020, 1220 и 1420 мм. Более 90% российского газа добывается в одной зоне – на севере Тюменской области Западной Сибири, в 2,5-3 тыс. км от зоны основного газопотребления в европейской части страны. Большая часть транспортных мощностей концентрируется в многониточных транспортных коридорах, отходящих от месторождений Западной Сибири и имеющих пересечения газопроводов. Имеется более 20-ти таких пересечений многониточных газопроводов. Авария на одном газопроводе многониточного коридора или на пересечении многониточных газопроводов может вызвать повреждение других газопроводов и привести к существенной недопоставке газа потребителям. При этом существующие подземные газохранилища имеют ограниченные мощности, которые не позволяют полностью компенсировать недопоставку газа в подобной аварийной ситуации.

Тепловые электростанции (ТЭС) европейской части России и Урала, в том числе более 50% по мощности теплоэлектроцентрали, потребляют основную долю газа в качестве топлива. Потребление газа на ТЭС в стране составляет около 40% от суммарного потребления газа, при этом общая доля газа в котельно-печном топливе сейчас равна примерно 78%. Ограничение или

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

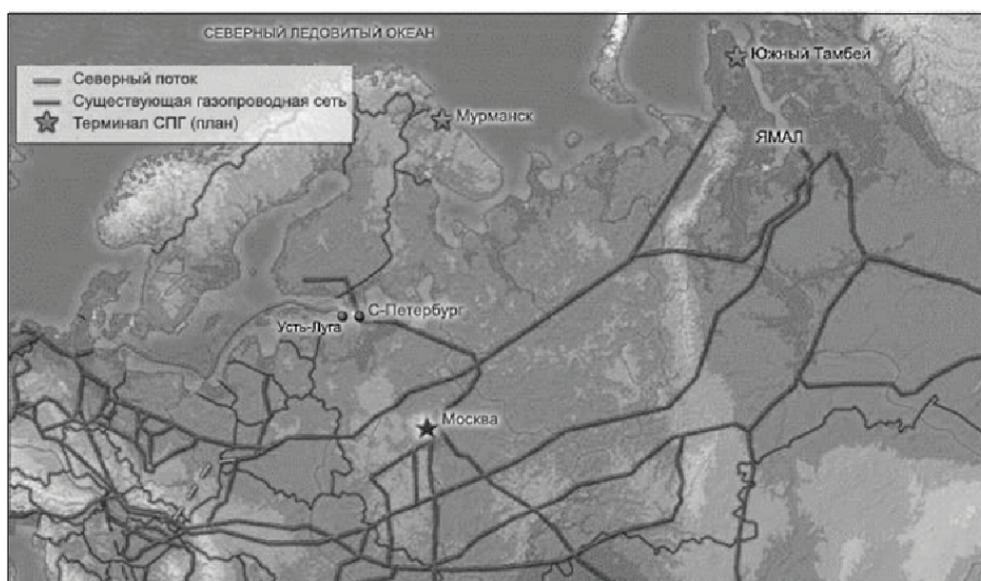


Рис. 3. Северная часть газотранспортной сети России и Европейского союза

непоставка газа на ТЭС во время аварийных ситуаций будет иметь негативные последствия для производства электроэнергии и тепла с ограничением их поставки потребителям.

Наиболее тяжелые последствия в рассматриваемом плане вероятны в зимний период в условиях пикового потребления электроэнергии и тепла. В этих условиях компенсация дефицита газа возможна реализацией следующих мероприятий:

- частичная замена газа, как топлива, другим видом топлива (для ТЭС с двойной топливоподачей) на период аварийной ситуации;
- дополнительная загрузка ТЭС, использующих другие виды топлива (например, уголь);
- передача электроэнергии в дефицитный регион из других регионов с использованием пропускных способностей межрегиональной электрической сети.

Восстановление газопроводной сети предусматривается в течение 15 дней.

Рассмотренные возможности компенсации последствий дефицита газа были исследованы с использованием потоковой модели системы газоснабжения России [10] и оптимизационной модели ТЭК России [11], которые детально отражают специфические характеристики совместного функционирования различных энергетиче-

ских систем в составе ТЭК в течение суток. Эти модели представляют все территории страны в зоне обслуживания газотранспортной системы России. Иллюстрационные результаты расчетов представим для одного региона – Северо-Западного федерального округа.

Сценарий аварийной ситуации был сформирован на базе аварии на одном из пересечений многониточных магистральных газопроводов в районе Ямала (см. рис. 3). Учитывался наиболее тяжелый период года – январь. В табл. 1 представлены оценки последствий этой аварийной ситуации и возможности их компенсации за счет запасов газа в газохранилищах и использования резервного топлива на ТЭС – мазута с учетом его запасов на конец предшествующего года. Из табл. 1 видно, что доля недоотпущенной энергии из-за дефицита газа достаточно велика в некоторых регионах, а требуемый объем мазута превышает его запасы на конец предшествующего года.

Табл. 2 иллюстрирует возможности суточного производства тепла и электроэнергии в субъектах Северо-Западного федерального округа в период аварии в случае компенсации дефицита газа за счет использования запасов мазута. Отметим, что при этом недоотпуск тепла от ТЭЦ и котельных во время аварии ликвидируется полностью, а недоотпуск электроэнергии в некоторых субъектах округа остается (см. табл. 2),

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

Таблица 1

**Возможности компенсации аварийной недопоставки газа для производства электроэнергии и тепла за счет использования запасов мазута на конец года**

Субъект РФ	Дефицит газа в результате аварии, т у.т./сут.	Недоотпуск энергии, %		Потребление мазута до аварии, т у.т./сут.	Требуемый объем мазута во время аварии, т у.т./сут.	Запасы мазута в январе, т у.т./сут.
		Электроэнергия	Тепло			
Северо-Западный федеральный округ	70,70			5,39	76,09	20,30
Республика Карелия	3,55	16,6	8,2	2,14	5,69	2,13
Республика Коми	0,00	0	0	1,10	1,10	3,03
Архангельская обл.	0,00	0	0	6,82	6,82	7,12
Вологодская обл.	11,83	28,3	10,0	0,07	11,90	2,01
Калининградская обл.	5,11	60,8	22,0	0,69	5,80	1,21
Ленинградская обл.	62,01	40,4	13,0	2,17	64,18	15,57
Новгородская обл.	0,03	0,2	0	0,10	0,13	0,43
Псковская обл.	0,00	0	0	0,29	0,29	0,29

Таблица 2

**Возможности суточного производства электроэнергии и тепла в аварийной ситуации при использовании запасов мазута для компенсации дефицита газа**

Субъект РФ	Тепло			Электроэнергия		
	Потребление	Производство	Дефицит	Производство до аварии	Производство во время аварии	Снижение производства
	тыс. Гкал		%	млн кВт·ч		%
Северо-Западный федеральный округ	683,7	683,7	0	293,5	248,3	15
Республика Карелия	39,7	39,7	0	14,0	11,8	15
Республика Коми	88,4	88,4	0	30,9	30,9	0
Архангельская обл.	104,8	104,8	0	26,8	26,8	0
Вологодская обл.	70,6	70,6	0	26,3	17,7	33
Калининградская обл.	20,8	20,8	0	10,5	6,9	34
Ленинградская обл.	310,8	310,8	0	177,8	147,0	17
Новгородская обл.	28,8	28,8	0	2,3	2,3	0
Псковская обл.	20,0	20,0	0	4,9	4,9	0

он компенсируется за счет перетоков из соседних федеральных округов, используя основную электрическую сеть ЕЭС России.

Таким образом, взаимосвязи между различными энергетическими системами благодаря их интеграции дают возможности обеспечить на-

дежное энергоснабжение потребителей в случае аварийной ситуации.

2. *Авария в системе электроснабжения городского района.* Рассмотрим взаимосвязь систем тепло- и электроснабжения городского района (уровень минисистем) в аварийной

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ



Рис. 4. Упрощенная схема системы теплоснабжения района Ново-Ленино г. Иркутска во время аварии

ситуации на примере систем энергоснабжения района Ново-Ленино г. Иркутска.

Упрощенная схема системы теплоснабжения района Ново-Ленино показана на рис. 4. Она включает одну угольную котельную, две электрокотельные и трубопроводную сеть. Общая установленная тепловая мощность источников составляет 496 Гкал/ч, общая тепловая нагрузка района равна 281 Гкал/ч. Общая длина трубопроводов тепловой сети составляет 169 км.

Упрощенная схема системы электроснабжения района Ново-Ленино представлена на рис. 5. Эта система включает четыре питающих подстанции 110/6 кВ, связанные Иркутской региональной ЭЭС, и распределительную электрическую сеть на напряжениях 6 и 0,4 кВ. Количество трансформаторных подстанций 6/0,4 кВ равно 242. Общая длина кабельных линий составляет 188 км. Общая активная и реактивная нагрузка потребителей района равна 50 МВт и 12 МВАр – соответственно.

Аварийная ситуация исследовалась на основе расчетов потокораспределения в послеаварийных режимах с использованием программных комплексов СДО-6 [14] и СОСНА [15]. Рассматривался зимний максимум электрической нагрузки и соответствующий моменту его реали-

зации уровень тепловой нагрузки потребителей района.

Сценарий каскадного развития аварии в интегрированной системе электро- и теплоснабжения включал моделирование следующих стадий:

1. Авария на подстанции «Ново-Ленино» системы электроснабжения с потерей питания электрокотельной «Ново-Ленино» и образованием дефицита тепла в объеме около 80 МВт (тепл.).

2. Требуемая тепловая нагрузка частично распределяется между оставшимися в работе двумя тепловыми источниками.

3. Ресурсы оставшихся в работе тепловых источников и тепловой сети не позволяют полностью обесточить требуемую тепловую нагрузку. В результате дефицит тепловой мощности остается в объеме около 10 МВт (тепл.). На рис. 4 показаны места возникновения ограничений в тепловых сетях и зоны с дефицитом тепловой мощности.

4. Многие потребители, особенно в зонах дефицита тепловой мощности начинают использовать электронагреватели для поддержания нормальных температурных условий в помещениях.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

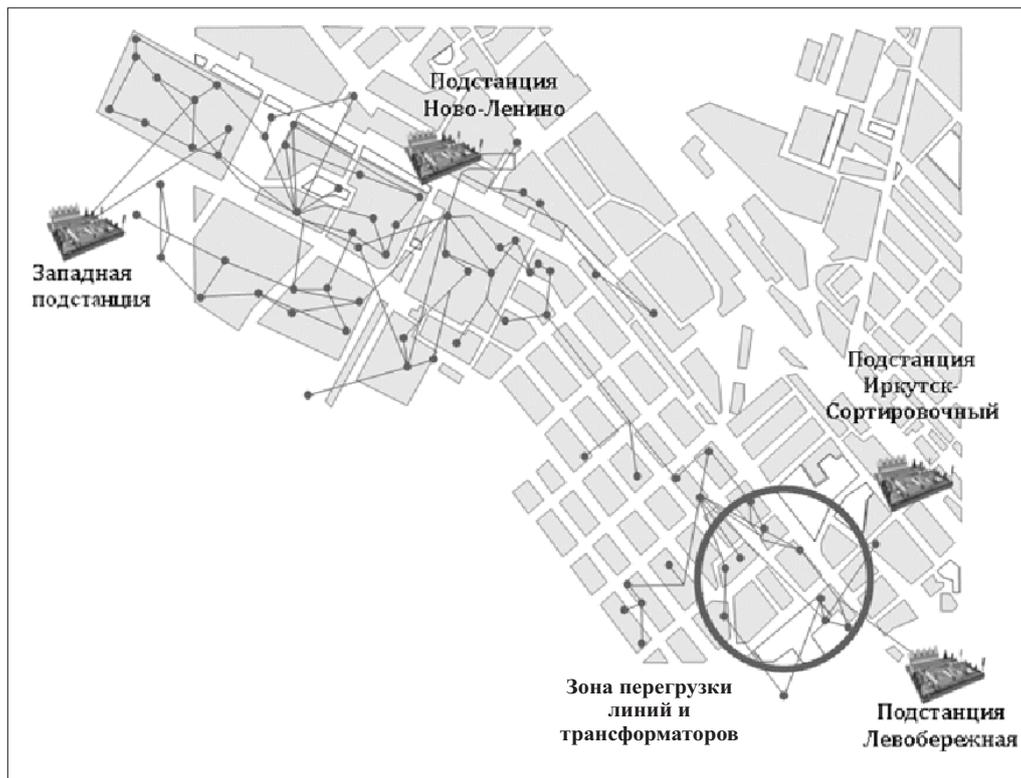


Рис. 5. Упрощенная схема системы электроснабжения района Ново-Ленино г. Иркутска во время аварии

5. Электрическая нагрузка увеличивается на 7 МВт.

6. Происходит перегрузка линий электрической сети и трансформаторов подстанций (см. рис. 5). Потребители в отмеченной на рис. 5 зоне теряют электроснабжение в результате действия устройств защиты от перегрузок.

Таким образом, очевидна сильная взаимозависимость систем тепло- и электроснабжения в аварийных ситуациях.

### Заключение

Создание интегрированных энергетических систем как технологической основы энергетики будущего и управление этими системами – важная проблема, требующая активных исследований. Представленные в статье элементы концепции интегрированных инфраструктурных энергетических систем и иллюстрирующие эту концепцию примеры дают основу для таких комплексных исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Voropai N.I., Stennikov V.A. *Integrated smart energy systems – Russian dimension* // *Int. Symp. on Security in Critical Infrastructures Today*, Berlin, Germany, November 5-6, 2013, 6 p.

2. Воропай Н.И., Стенников В.А. *Интегрированные интеллектуальные энергетические системы* // *Изв. РАН. Энергетика*, 2014, № 1. С. 64-78.

3. *Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы* / Н.И. Воропай, Л.С. Беляев, А.В. Лагерева, В.В. Посекалин и др. Новосибирск: Наука, 2004, 386 с.

4. *Энергетика XXI века: Системы энергетики и управление ими* / Н.И. Воропай, С.В. Подковальников, С.М. Сендеров, В.А. Стенников и др. Новосибирск: Наука, 2004, 364 с.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

5. Козлов В.А., Билик Н.И., Файбисович Д.А. *Справочник по проектированию электроснабжения городов*. Л.: Энергоатомиздат, 1986, 286 с.
6. Велихов Л.А. *Основы городского хозяйства*. М.: Наука, 1996, 480 с.
7. Тырчинский Я.М. *Оптимизация проектируемых и эксплуатируемых газораспределительных систем*. Л.: Недра, 1988, 239 с.
8. Федяев А.В., Сеннова Е.В., Федяева О.Н., Карасевич А.М. *Эффективность развития малых ТЭЦ на базе газотурбинных и дизельных установок при газификации регионов* // *Теплоэнергетика*, 2000, № 1. С. 24-26.
9. *Методы и модели разработки региональных энергетических программ* / Б.Г. Санеев, А.Д. Соколов, Г.В. Агафонов, А.В. Лагерев и др. Новосибирск: Наука, 2003, 140 с.
10. Hatzigargyriou N., Asano H.I., Marnay R., *Microgrids* // *IEEE Power and Energy Magazine*, 2007, Vol. 5, №. 4, p. 78-94.
11. Marnay R. *Worldwide microgrid development: The evolving power supply paradigm* // *Applied Power Electronics Conference, Orlando, FL, USA, February 21-24, 2012*, 8 p.
12. Voropai N.I., Senderov S.M., Edelev A.V. *Detection of «bottlenecks» and ways to overcome emergency situations in gas transportation network* // *Energy*, 2012, Vol. 42. P. 3-9.
13. Edelev A.V., Beresneva N.M. *Software package to study the energy sector development of Russia's Federal Entities in terms of energy security* // *The Second Int. Sei. Conf. on Sustainable Energy Development, Hanoi, Vietnam, November 3-5, 2011*. P. 49-54.
14. Войтов О.Н., Мантров В.А. *ПВКСДО-6 для исследования установившихся режимов электроэнергетических систем* // *Методы управления физико-техническими системами энергетики в новых условиях*. Новосибирск: Наука, 1995, № 4. С. 293-295.
15. Соколов Д.В., Стенников В.А., Ощепкова Т.Б., Барачтенко Е.А. *Программный комплекс нового поколения для схемно-параметрической оптимизации многоконтурных теплоснабжающих систем* // *Теплоэнергетика*, 2012, № 4. С. 1-6.

Поступила в редакцию  
30.04.2015 г.

**N. Voropai, V. Stennikov, S. Senderov, E. Barachtenko, L. Kovernikova,  
O. Voytov, T. Oshepkova, L. Semenova<sup>3</sup>**

### INTEGRATED INFRASTRUCTURAL ENERGY SYSTEMS REGIONAL AND INTERREGIONAL LEVEL

General framework of integrated infrastructural energy systems is presented. Elements of concept of integrated energy systems are suggested. The results of two illustrative study cases are shown and explained.

*Key words:* energy systems, integration, critical infrastructures, elements of concept, challenges.

---

<sup>3</sup> Nikolai I. Voropai – Director of Melentiev Institute for Energy Systems SO RAS, corresponding member of RAS, Doctor of Engineering, e-mail: kvoropai@isem.sei.irk.ru;

Valery A. Stennikov – Deputy Director, ESI SB RAS, Doctor of Engineering, Professor, e-mail: sva@isem.sei.irk.ru;

Sergey M. Senderov – Deputy Director, ESI SB RAS, Doctor of Engineering, e-mail: ssm@isem.sei.irk.ru;

Eugene A. Barachtenko – Senior researcher, ESI SB RAS, PhD in Engineering, e-mail: barachtenko@isem.sei.irk.ru;

Lidia I. Kovernikova – Senior researcher, ESI SB RAS, PhD in Engineering, e-mail: kovernikova@isem.sei.irk.ru;

Oleg N. Voytov – Leading researcher, ESI SB RAS, PhD in Engineering, e-mail: sdo@isem.sei.irk.ru;

Tatyana B. Oshepkova – Chief specialist, ESI SB RAS, PhD in Engineering, e-mail: oshepkova@isem.sei.irk.ru;

Lyudmila V. Semenova – Leading engineer, ESI SB RAS, e-mail: cdo@isem.sei.irk.ru.

УДК 004.8:621.311

А.В. Андреев, М.А. Андреева, Д.А. Новицкий, В.В. Софьин, Д.В. Холкин<sup>1</sup>

## **ТЕРРИТОРИИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ – КАК ТОЧКИ РОСТА В СФЕРЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

В данной статье авторы рассматривают подходы к реализации пилотных проектов в сфере создания интеллектуальных энергетических систем на базе территорий опережающего развития. Рассмотрены основные функциональные особенности создаваемых интеллектуальных энергосистем и предложены способы организации пилотных проектов, наиболее способствующие их полезности для дальнейшего распространения решений.

*Ключевые слова:* территории опережающего развития (ТОР), интеллектуальные энергетические системы, пилотные проекты, инфраструктура, система систем.

### **Введение**

В настоящее время в России формируется практика создания территорий опережающего развития. Создаются инновационные центры Сколково (Москва), Иннополис (Татарстан), кампус ДФУ (о. Русский). Принят Федеральный закон от 29 декабря 2014 г. № 473-ФЗ «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации». Основная идея формирования данных территорий состоит в создании условий для развития систем производства и жизнедеятельности нового техно-промышленного и социокультурного уклада. По замыслу ТОР будут формироваться не на основе действующих поселений, речь идет о создании новых производств, жилищной и социальной инфраструктуры в чистом поле.

Соответственно будет создаваться и новая энергетическая инфраструктура. Целесообразно при ее формировании ориентироваться на современные решения, обеспечивающие в перспективе новые возможности для бизнеса и населения данных территорий. В энергетике основным технологическим трендом является переход к интеллектуальной инфраструктуре. Поэтому в ТОР необходимо создавать энергетические

системы нового поколения, построенные на основе технологической платформы интеллектуальных систем (Smart Grid).

Учитывая инновационный характер данной технологической платформы, целесообразно некоторые ТОР исходно планировать как плацдарм для технологического и социального экспериментирования в области интеллектуальной энергетики. Это позволит сформировать пакет передовых технологий, а также отработать регуляторные, организационные и бизнес-модели для обеспечения тиражирования данных технологий в стране и в мире.

Необходимо отметить, что на фоне активного распространения распределенной генерации, развития индустриальных парков, технологической модернизации промышленных предприятий в России складываются серьезные предпосылки для спроса на интеллектуальные решения в энергетике. Заинтересованные субъекты уже готовы инвестировать в некоторые классы решений. Электрические сети в этой новой ситуации приобретают новую роль – обеспечения клиентоориентированной, активной и адаптивной работы всей энергетики. Но для формирования исходной базы для перехода к интеллектуальной энергетике не хватает проверенного

---

<sup>1</sup> Александр Викторович Андреев – технический эксперт отдела по разработке и реализации решений для интеллектуальных сетей Schneider Electric в России, к.т.н., *e-mail:* aleksandr.andreev@schneider-electric.com;

Мария Александровна Андреева – руководитель отдела по разработке и реализации решений для интеллектуальных сетей Schneider Electric в России, *e-mail:* maria.andreeva@schneider-electric.com;

Дмитрий Александрович Новицкий – заместитель руководителя Центра системных исследований и разработок интеллектуальных энергосистем, ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», к.ф.-м.н., *e-mail:* Novitsky\_da@ntc-power.ru;

Владимир Владимирович Софьин – директор Департамента технологического развития и инноваций ОАО «Россети», *e-mail:* info@rosseti.ru;

Дмитрий Владимирович Холкин – руководитель Центра системных исследований и разработок интеллектуальных энергосистем, ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», *e-mail:* Holkin\_dv@ntc-power.ru.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ



Рис. 1. Энергетические системы нового поколения на основе интеллектуальной технологической платформы

практикой пакета технологических и организационных решений. Только территории с опережающими формами деятельности могут стать плацдармом для формирования данной базы.

### Основные функциональные области в сфере интеллектуальной энергетики

На текущем этапе основной вектор нового уклада электроэнергетики направлен на извлечение наибольших эффектов не столько за счет обновления энергетических технологий, сколько за счет качественного изменения систем управления. А это значит, что ключевые изменения должны состоять в реинжиниринге процессов технологического управления и бизнес-процессов на основе их глубокой автоматизации, интенсивного использования современных информационно-коммуникационных технологий, насыщения сети активными элементами.

Наиболее перспективными для реализации на ТРОР на сегодняшний момент являются следующие функциональные области, характерные для интеллектуальных энергосистем:

- мониторинг и управление сетевыми активами;
- автоматизированные подстанции;

- коммуникационная инфраструктура;
- smart metering – «умный» учет и контроль;
- хранение энергии централизованное и распределенное;
- системы энергоменеджмента;
- инфраструктура электротранспорта;
- управление потреблением и генерацией абонентов;
- интеграция ВИЭ и распределенной генерации.

Целесообразно как для формирования комплекса технических решений, так и для отработки новых подходов к социальным аспектам использования интеллектуальной энергетики апробировать эти функциональные области в рамках ряда пилотных проектов.

Опишем некоторые наиболее важные из перечисленных направлений.

### Управление потреблением и генерацией абонентов

Обеспечение управления потреблением и генерацией абонентов представляется одной из ключевых задач, которая должна обеспечить активная, адаптивная и клиентоориентированная инфраструктура интеллектуальной сети.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

Подобное управление позволяет потребителю гибко изменять свое потребление и генерацию в зависимости от цены на электроэнергию и/или различного рода стимулов, которые, например, могут быть представлены сетевой компанией при участии в регулировании нагрузки. Такие условия обычно преобладают в период пиковой нагрузки или работы в условиях перегрузки. Управление потреблением и генерацией абонентов в нормальных режимах в пределах от 5 до 15% от пиковой нагрузки в системе способствует получению дополнительной выгоды от сокращения потребности в дополнительных резервах и уменьшению в реальном времени цен на электроэнергию, а также сокращению потерь. Отметим, что кратковременное участие в регулировании практически не влияет на удобство самих абонентов, поскольку обычно в качестве управляемых объектов выступают кондиционеры, бойлеры и другие бытовые устройства, которым не критичен кратковременный переход в энергосберегающий режим или отключение.

Отключение нагрузки на сегодняшний момент обычно применяется диспетчерами при ручном управлении, а также при работе автоматической частотной разгрузки или автоматике регулирования напряжения. В сетях нового поколения потребление и генерацию абонентов можно регулировать, и использовать этот резерв более интеллектуально.

Абоненты могут выступать при этом не только в роли покупателей и/или продавцов электроэнергии, но и в качестве некой «виртуальной» электрической станции предоставляющей системные услуги, способствующей повышению надежности.

Конечно, необходима детальная проработка моделей поведения абонентов перед их массовым применением. Интеллектуальная сеть территории опережающего развития может быть использована в качестве полигона, на котором можно опробовать различные механизмы подобного управления для их нормативной типизации и стандартизации.

### Централизованное и распределенное хранение энергии

Накопители на сегодняшний день считаются самой многообещающей технологией по цен-

трализованному и распределенному хранению электроэнергии не только с технологической, но и с экономической точки зрения. Они являются важнейшим элементом интеллектуальных сетей, которые могут выполнять ряд системных функций: выравнивание графиков нагрузки в сети (накопление электрической энергии в периоды наличия избыточной энергии и выдачу в сеть в периоды дефицита), повышение устойчивости нагрузки, обеспечение бесперебойного питания особо важных объектов, демпфирование колебаний мощности и т.п.

Таким образом, накопители могут стать ценным инструментом реализации возможности быстрого регулирования и повышения надежности энергоснабжения. Использование накопителей в интеллектуальной сети позволяет исследовать и протестировать на практике различные механизмы их применения, которые можно будет использовать для распространения этих технологий в России.

### Инфраструктура электротранспорта

Электротранспорт продолжает завоевывать популярность по мере повышения внимания к состоянию окружающей среды, а также удешевлению его стоимости. Использование электротранспорта может значительно снизить уровень выбросов парниковых газов и зависимость от ископаемого топлива, а также стать значительным фактором роста потребления электроэнергии и в зависимости от процесса зарядки и вариантов поведения потребителей вызвать проблемы нестабильности потребления.

Часто территории опережающего развития (например, Сколково) проектируются как экологически чистые города, в которых создаются условия для эксплуатации и обслуживания электромобилей, чтобы они стали наиболее удобной частью транспортной инфраструктуры города. Для удобства использования электромобилей необходимо решить проблему времени подзарядки, поскольку длительное время подзарядки зачастую ведет к невозможности эксплуатации, а короткое время подзарядки создает перегрузки, особенно на уровне распределительных сетей. Поэтому помимо организации удобной сети электропитания, необходимо создать систему

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

автоматизированного управления зарядными станциями электромобилей, которая призвана решить все вышеперечисленные проблемы за счет интеграции ее в общую интеллектуальную сеть.

Подобные технологии позволят не только создать комфортные условия жителей ТОР, но и апробировать инфраструктуру электротранспорта для ее распространения в нашей стране.

### **Интеграция ВИЭ и распределенной генерации**

Предполагается, что для ТОР будет характерно применение концепции энергопассивных и энергоактивных зданий, в идеальном случае не нуждающихся в энергии извне или генерирующих ее в объемах, превосходящих собственное потребление. При этом планируется, что существенная часть потребляемой такими зданиями энергии будет генерироваться за счет возобновляемых источников, остальная часть может быть получена из сети и/или источников распределенной генерации.

На сегодняшний день наиболее активно развивающимся направлением ВИЭ в России являются системы солнечной генерации. При этом наиболее перспективным их типом представляются системы применяемые в административных и производственных зданиях и жилых домах.

Для административных и производственных зданий ввиду совпадения временных интервалов наибольшей солнечной активности и точек максимума энергопотребления для данного вида сооружений, а также возможности использования больших площадей кровли и фасадов административных и производственных зданий для размещения солнечных панелей, наиболее привлекательны системы солнечной генерации большой мощности без системы аккумулирования электроэнергии с непосредственной выдачей электроэнергии в сеть. При этом электроэнергия, вырабатываемая солнечными генераторами, может максимально использоваться в течение рабочего дня, в период потребления ее производственными и технологическими процессами, снижая потребление энергии, подаваемой от сети.

Поскольку максимумы электропотребления для индивидуальных и малоквартирных жилых

домов приходится на время суток, характеризующееся низкой солнечной активностью, а так же с учетом относительно невысокого уровня средней потребляемой электрической мощности, наиболее привлекательны системы солнечной генерации небольшой мощности с составной подсистемой аккумулирования электроэнергии. Использование данного вида систем генерации позволит значительно (в процентном соотношении от общего электропотребления) уменьшить потребление от сети и в целом повысить энергоэффективность зданий.

Отметим, что интеграция систем солнечной генерации в интеллектуальную сеть позволит получить дополнительный инструмент для регулирования, который, например, может быть использован при управлении потреблением и генерацией абонентов. Применение указанных технологий позволит не только реализовать концепцию построения энергоэффективного города, но и испытать на практике различные перспективные системы солнечной генерации для их дальнейшего массового внедрения.

### **Эталонная архитектура интеллектуальной сети**

Инфраструктура интеллектуальной сети должна быть привлекательна для частных инвестиций и использоваться большим количеством бизнес-субъектов для предоставления большего количества сервисов для большего количества клиентов. Она должна стать «системой систем», имеющей возможности масштабирования по мере появления новых сервисов, иметь возможность безболезненно расширяться при появлении новых объектов и новых сервисов, повышая свою полезность для всех своих пользователей. Таким образом, главным назначением сетевой инфраструктуры должно быть обеспечение эффективного использования всех видов ресурсов для надежного, качественного и эффективного энергоснабжения потребителей энергии за счет гибкого взаимодействия ее субъектов (генерации, электрических сетей и потребителей) на основе современных технологических средств и интеллектуальной системы управления.

Для обеспечения создания сложных инфраструктур («системы систем») с участием многих

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

независимых субъектов практикуется создания эталонной архитектуры. Это гарантирует совместимость и эффективность совместной работы различных компонент, ориентацию на перспективные требования пользователей инфраструктуры, использование наиболее передовых технологических решений.

Эталонная архитектура интеллектуальной сети определяется, прежде всего, информационно-коммуникационной составляющей, так называемым киберслоем. Это означает, что при большом разнообразии технологических решений на энергетическом уровне, бизнес-моделей и бизнес процессов, которые нельзя исходно посчитать и спланировать, необходимо создать информационно-коммуникационную инфраструктуру, которая будет связывать новые устройства и новые бизнес-сервисы и бизнес-модели в единую метасистему. Эталонная архитектура должна фиксировать определенные принципы построения киберслоя. Она определяет единый язык, на котором могут быть описаны все такие системы, позволяет проектировать пилотные зоны перехода к интеллектуальным сетям, координировать вопросы, связанные со стандартизацией, а также является инструментом формирования требований к новым технологиям.

В отличие от сложившейся практики использования автономных проприетарных систем управления технологическими процессами, предполагается для создания интеллектуальной сети использовать модульную открытую архитектуру.

В соответствии с разработками, проводящимися в рамках деятельности Архитектурного комитета по развитию интеллектуальных энергосистем, определена целесообразность создания единой системной платформы для создания интеллектуальных систем управления технологическими процессами. Основная задача такой системной платформы состоит в том, чтобы при помощи универсальных интерфейсов скрыть от прикладных систем особенности вычислительного и технологического оборудования, систем передачи информации и, таким образом, обеспечить гарантированную производительность системы при взаимодействии прикладных систем различного назначения и различных производителей. Такой подход позволил бы внедрить де-факто стандарты взаимодействия, обеспечить качество, быстродействие, надежность и кибербезопасность систем, а также облегчить комбинации решений на базе решений различных разработчиков.

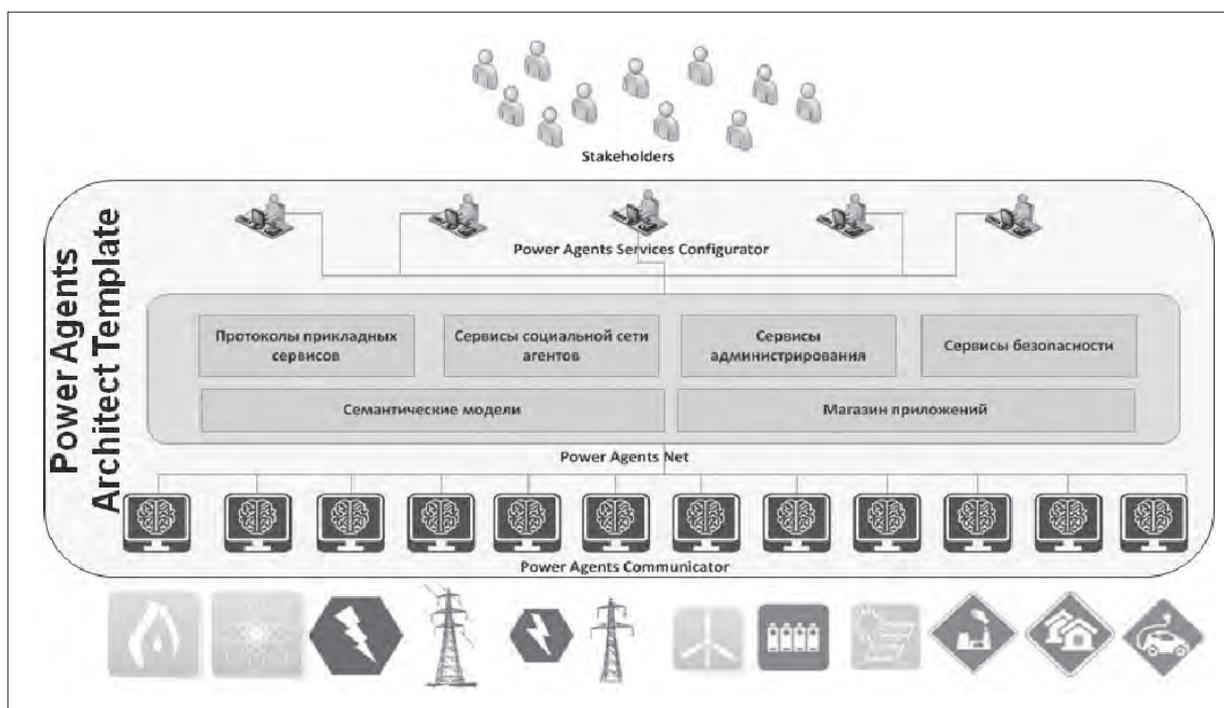


Рис. 2. Эталонная архитектура электрической сети на основе Power Agents Architect Template

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

Задача создания интеллектуальной сети должна решаться с применением новейших разработок ведущих отечественных и мировых производителей в сфере электроэнергетики, информационных технологий, телекоммуникаций. Различные способы представления данных в этих разработках требуют, чтобы выбранная системная платформа использовала семантический подход к обработке данных. То есть по мере роста сложности моделей данных, которыми обмениваются информационные системы, и количества участников взаимодействия, должна появляться необходимость того, чтобы информационная модель (метаданные) хранилась в системе в явном виде с учетом своего жизненного цикла.

Данная эталонная архитектура открывает хорошие возможности для кооперации многих участников при переходе к интеллектуальной энергетике. Но для практической реализации данного подхода нужны пилотные проекты, реализуемые на площадках с опережающей практикой и специальная инновационная инфраструктура.

### **Основные подходы к созданию интеллектуальной сети на территориях опережающего развития**

Территории опережающего развития должны рассматриваться как площадки для проектирования новых практик и бизнес-процессов на основе интеллектуальных сетей, апробации новых технологий, формирования новых требований и стандартов.

Электрические сети, как основной инфраструктурный элемент электроэнергетики, должны опережающим образом адаптироваться к изменениям требований пользователей, а также к масштабному применению разнообразных новых технологий. Инфраструктура сети должна позволять интегрировать в себя практически все наиболее востребованные на данный момент представления в области Smart Grid:

- саморегулирование, непрерывный самоконтроль, самовосстановление отдельных элементов или участков сети после аварии;

- обеспечение качества электроэнергии, соответствующего требованиям современной высокотехнологичной экономики;
- поддержка и мотивирование потребителей быть активными участниками электроэнергетической системы;
- поддержка развития энергетических рынков (многообразие, быстротечность торговых операций);
- поддержка формирования новых рынков сервисов для различных пользователей;
- интеграция в сеть всех типов устройств пользователей сетевых услуг;
- оптимизация состава и повышение эффективности использования активов электросетевого комплекса и электроэнергетики в целом;
- обеспечение физической и кибернетической защищенности;
- ускорение и удешевление создания, эксплуатации и развития системы.

Как видно, одновременное полное выполнение всех этих требований само по себе является предельно сложной задачей. Но, помимо перечисленного, сети ТОР должны стать прообразом будущих схем электроснабжения российских городов, платформой для рыночных, управленческих и технологических инноваций.

Поэтому при создании таких сетей должно использоваться по возможности большее число решений, работающих вместе надежным и эффективным образом. Данная система должна стать полигоном, обеспечивающим испытания нового оборудования, приложений и решений на соответствие вышеизложенным требованиям и на возможность совместной работы. Она должна использоваться для конфигурации и реконфигурации систем, созданных различными командами разработчиков. На основе данной платформы должны создаваться совместимые решения, отвечающие требованиям заложенных в принятой всеми участниками концепции интеллектуальных сетей.

Каждое из этих требований поддерживается определенной группой стейкхолдеров данного проекта, в связи с чем проектирование, разработка и эксплуатация системы должны сопровождаться постоянным обсуждением со стейкхолдерами, выработкой консенсусных решений.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

Взаимодействие со стейкхолдерами в области пилотных проектов создания интеллектуальных электросетей в России должно обеспечиваться Архитектурным комитетом по развитию ИЭС ААС при НТС ОАО «Россети».

### **Полигон – как ядро инновационной инфраструктуры в сфере интеллектуальной энергетики**

Для поддержания подобной (достаточно сложной) кооперации необходимо создание специальной инновационной инфраструктуры, обеспечивающей разработку и апробирование новых технологий и технических решений, формирование экосистемы инновационного развития и системы управления знаниями, проверку интегрируемости и взаимодействия различного оборудования и программных систем разных производителей.

Ядром данной инновационной инфраструктуры должен стать полигон с симуляторами энергетических систем (по примеру полигона, созданного в НТЦ ФСК ЕЭС) – программно-технический комплекс, предназначенный для разработки, проверки и отладки новых алгоритмов и программно-аппаратных средств управления элементами, технологическими комплексами, новым оборудованием, фрагментами энергосистемы и энергосистемой в целом. Кроме того, целесообразно обеспечить возможность использования для экспериментов части реальной сети (по примеру полигона, созданного компанией ERDF).

Важно то, что использование предлагаемой эталонной архитектуры, а также полигона при создании интеллектуальных сетей ТОР позволит существенно снизить барьеры для входа на рынок новых решений, обеспечить здоровую конкуренцию, а значит, позволит создать условия для появления наиболее качественных и экономичных решений.

Немаловажной видится задача подготовки специалистов в области интеллектуальных энергосистем на базе вузов с использованием всех современных доступных технологий, которые не только должны изучаться, но и развиваться, разрабатываться и проходить первичную апробацию на территориях опережающего развития.

Поэтому важной частью создания инновационной инфраструктуры интеллектуальной энергетики в ТОР является формирование инновационных центров компетенций, которые будут на основе реализации специальной программы обучения, исследований, участия в инновационных проектах вырабатывать видение новой инженерной практики создания интеллектуальных энергетических систем. Здесь важно специальным образом организовать работу с молодыми кадрами, различными вузами, научными организациями, чтобы в отрасли сложились новые компетенции. Для широкого распространения новой инженерной практики необходимо сформировать открытую базу знаний по требованиям и архитектуре, технологиям, стандартам и лучшим практикам. Кроме того, необходимо сформировать и сделать общедоступными соответствующие обучающие программы. Определенные наработки в данном направлении уже имеются в НТЦ ФСК ЕЭС.

### **Выводы**

Формирование энергетической инфраструктуры, отвечающей потребностям пользователей сети и бизнеса, многократный рост рынка интеллектуальных решений и инновационный рынок в самой энергетике станут возможным в результате формирования открытой архитектуры интеллектуальных энергосистем, открытых интерфейсов взаимодействия, публичных стандартов, площадок для отработки новых технологий и практик. Наиболее эффективно данные задачи будут решаться в рамках создания и функционирования территорий опережающего развития.

Формирование интеллектуальных сетей в ТОР, а также создание специальной инновационной инфраструктуры соответствует интересам различных субъектов:

- потребители получают возможность удобного и быстрого подключения к сети, использования ВИЭ, управления спросом, получения новых сервисов, обеспечивающих рост качества жизни, обеспечения энергетической надежности и безопасности.
- разработчики получают возможность снижения неопределенности и рисков

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

- при создании новых технологий, за счет использования эталонной архитектуры, проверки совместимости с различными подсистемами, интеграции технологий в комплексные решения, которые будут рекомендованы в качестве типовых для распространения по всей территории России;
- вендоры получают возможность демонстрации и тестирования своих продуктов и интеграции их с различными системами и оборудованием;
  - эксплуатирующие организации получают удобство в эксплуатации и развитии сети, возможность расширения функциональных возможностей и предоставления новых сервисов;
  - вузы получают возможность обучения студентов и аспирантов, обеспечивающего подготовку для перспективных форм занятости, проведения исследований и разработок, а также апробации новых инновационных решений;
  - регулирующие органы получают возможностью оценки новых практик, разработки требований и стандартов к различным типам систем и оборудования.

Поступила в редакцию  
25.05.2015 г.

**A. Andreev, M. Andreeva, D. Novitsky, V. Sofyin, D. Holkin<sup>2</sup>**

### TERRITORIES OF ADVANCED DEVELOPMENT AS THE GROWTH AREAS IN SMART ENERGY

The paper analyses the approaches to the realization of the pilot projects in the area of intellectual energy systems development based on the territories of advanced development. The paper analyses the main functional features of the developed smart energy systems and proposes the ways of the organization of the pilot projects, leading to their utility for further distribution of solutions.

*Key words:* territories of advanced development (TAD), smart energy systems, pilot projects, infrastructure, system of systems.

---

<sup>2</sup> Alexander V. Andreev – Technical Expert of the Smart Grid Development and Realization Department, SchneiderElectric, PhD in Engineering, *e-mail:* alexandr.andreev@schneider-electric.com;

Maria A. Andreeva – Head of Smart Grid Development and Realization Department, SchneiderElectric, *e-mail:* maria.andreeva@schneider-electric.com;

Dmitry A. Novitsky – Deputy Head of Center for Systematic Research and Development of Smart Energy Systems, SC «SC FGC UES», PhD in Physics, *e-mail:* Novitsky\_da@ntc-power.ru;

Vladimir V. Sofyin – Head of Technological Development and Innovations Department of SC «Rossety», *e-mail:* info@rosseti.ru;

Dmitry V. Holkin – Center for Systematic Research and Development of Smart Energy Systems, SC «SC FGC UES», *e-mail:* Holkin\_dv@ntc-power.ru.

УДК 620.9

**В.Е. Захаров<sup>1</sup>**

## **ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

В статье раскрывается подход к организации централизованного управления развитием региональной энергетической системы, основанный на понятии цели как основного системообразующего фактора. Предложена укрупненная схема организации и механизма оптимизации региональной энергетики, как метасистемы.

*Ключевые слова:* система, метасистема, системные исследования, энергетика, централизованное управление, энергетическая безопасность.

Системные исследования были неотъемлемой частью организации директивно-плановой экономики. В современных условиях методология системных исследований энергетики в России, сформировавшаяся на основе классического определения системы «как целостного множества взаимосвязанных элементов, взятого в его единстве и развитии» [1], оказалась непригодной. В [2] это связывается с осознанным уходом от системного мировоззрения в экономике и социологии к неоконсервативной идеологии, основанной на тотальной либерализации экономики с отказом от регулирования (особенно государственного) экономической деятельности ради максимальной свободы предпринимателя и свободы действия рынка. Между тем зависимость структуры энергетики не только от конъюнктурных факторов, но и в большей степени от условий будущего развития страны [3, с. 4], определяет жизненную необходимость государственного – централизованного – управления развитием энергетики.

Понятие централизованного управления тождественно признанию наличия единой системы, относительно которой естественным образом формируются системные исследования.

В [4] дается следующее определение системы: «система – это группа целенаправленно взаимодействующих элементов». Данное определение принципиально отличается от приведенного выше классического, где целенаправленность выделялась только как одно из свойств системы. Такой подход к системным исследованиям, ви-

димо в советское время, мог встретить определенные препятствия в связи с неминуемыми теологическими последствиями, хотя в [5] неявно дается аналогичное определение: «система – это комплекс избирательно вовлеченных элементов, взаимодействующих для достижения заданного полезного результата, который принимается основным системообразующим фактором».

Из вышесказанного определения следует, что система образуется только при наличии цели или объект можно рассматривать как систему, если в нашем понимании он имеет определенное предназначение. Другими словами, система представляет собой механизм достижения определенной цели. Эффективность системы определяется качеством достижения поставленной генеральной (основной, первичной) цели. Структура и свойства системы при этом зависят от генеральной цели и условий среды, где эта цель должна быть достигнута. Природа генеральной цели может быть разнообразной. При этом структура любой системы формируется двумя ключевыми механизмами:

- 1) с формированием собственных функциональных элементов;
- 2) частичным использованием результатов функционирования (привлечения) других самостоятельных систем.

Систему, весь объем выходного результата каждого элемента которой используется для достижения генеральной цели системы (система сформирована собственными функциональными элементами), назовем условно моносистемой.

---

<sup>1</sup> Василий Егорович Захаров – младший научный сотрудник Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, e-mail: vasss@mail.ru

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

Эффективность моносистемы, то есть качество достижения генеральной цели, определяется в виде функций расхода критических ресурсов (например, финансовых). Примерами моносистемы являются не только все технические системы, а также директивно-плановая экономика, где основным инструментом оценки эффективности выступал минимум приведенных затрат.

Если для достижения генеральной цели системы используется не весь выходной результат хотя бы одного элемента (подсистемы), то есть центральный управляющий орган системы не имеет абсолютной власти над элементом, то такая система представляет собой иное системное образование. Данное видение согласуется с определением метасистемы в [6]. Достижение генеральной цели метасистемы возможно только в случае функционирования всех ее подсистем, включая и привлеченных, то есть воздействие метасистемы не должно критически влиять на достижение своей цели привлеченной системой. Каждая привлеченная система, входящая в метасистему, полностью самостоятельна и даже может конкурировать со смежными системами за исходные ресурсы. В связи с этим цель метасистемы должна включать формирование таких внешних условий для привлеченных систем, при которых они сохраняются как системы (достигают свою цель). В отличие от моносистемы, где процесс оптимизации основывается на поиске экстремумов ресурсных функций, в метасистеме оптимальным решением является наиболее сбалансированное (табл. 1).

Приведенный подход к определению системы не противоречит разработанным ранее методологическим основам системных исследований в энергетике, а вносит дополнения в критерии оценки эффективности развития системы и подходы формирования организационной структуры централизованного управления.

Процесс познания природных систем (системный анализ природных систем) заключается в формулировке их целей. Основным инстру-

ментом данного процесса является воздействие на систему определенным возмущающим фактором и анализ реакции системы (эксперимент). Система вырабатывает ответную реакцию, сопоставляя возмущающий фактор со своей генеральной целью. Если уровень возмущающего фактора не превышает критический, приводящий к разрушению системы, на одинаковые возмущения будут всегда одинаковые реакции. Таким образом, подбирая силу и природу возмущающего фактора и изучая ответную реакцию системы, можно локализовать область состояния, куда стремится система, и определить с необходимой точностью генеральную цель системы.

Процесс оптимизации системы производится при понимании ее генеральной цели. Невозможно оптимизировать систему не познав ее цель. Структура системы, управленческие решения при этом анализируются с позиций наиболее эффективного достижения генеральной цели. Следовательно, системный анализ в данном случае сводится не к определению генеральной цели, а к анализу возможностей и выработке наиболее эффективных путей ее достижения.

На рис.1. приведена принципиальная схема оптимизации метасистемы. Схема состоит из трех ключевых блоков: по выработке стандартов выходного результата, анализов основных ресурсных балансов функционирования подсистем и баланса собственных ресурсов метасистемы.

Одним из основных моментов формирования любого системного образования является выработка стандартов выходного результата. Данные стандарты локализуют область допустимых значений показателей качества достижения генеральной цели системы.

После определения цели и стандартов выходного результата формируется структура системы. Следующим шагом является оценка ресурсных балансов функционирования подсистем. В экономических системах ключевым яв-

Таблица 1

Показатели	Моносистема	Метасистема
Системообразующий фактор	Генеральная цель	Генеральная цель
Критерии оптимизации	Экстремальные	Балансовые

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

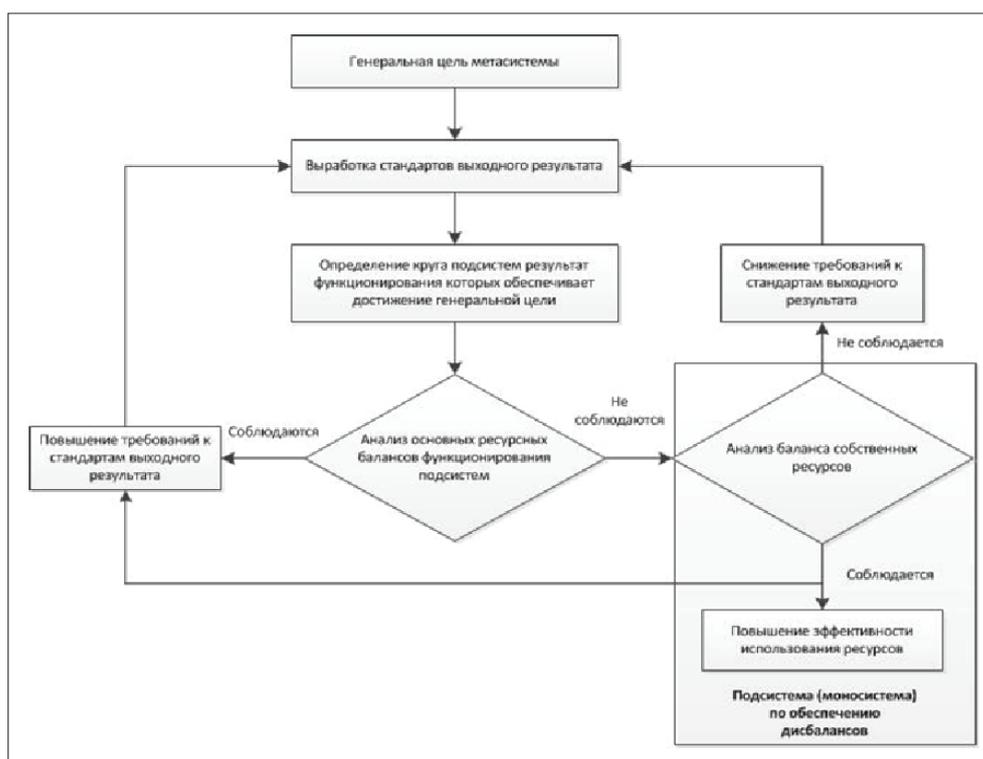


Рис. 1. Принципиальная схема подхода к оптимизации метасистемы

ляется баланс между ценой продукции и затратами на ее производство. Любая экономическая система жизнеспособна только если цена на ее продукцию покрывает затраты и обоснованную прибыль. Если цена не покрывает себестоимость, то производство убыточно и не может поддерживать себя. Убыточное производство в отдельных случаях может сохраняться только при поддержке со стороны, то есть если она является подсистемой метасистемы (привлеченной системой). Для покрытия подобных дисбалансов метасистема должна располагать собственными ресурсами. Если располагаемых ресурсов не хватает для покрытия ресурсных дисбалансов функционирования подсистем, то управляющий орган метасистемы должен принять меры по смягчению (снижению) выходных стандартов. Тем самым через определение ресурсных балансов функционирования подсистем и баланса собственных ресурсов метасистемы формируется обратная связь.

В отличие от моносистемы метасистема в принципе может достигать своей цели, практически не тратя собственных ресурсов. Роль управляющего органа метасистемы при этом

заключается в мониторинге ситуации и повышении требований к стандартам выходного результата. В таком случае существование метасистемы обусловлено нестабильностью текущей ситуации, наличием существенных угроз нарушения баланса функционирования подсистем в обозримой перспективе.

Применительно к экономическим системам, безусловно, должны соблюдаться определенные балансы позволяющие достигать генеральной цели существования государства. В первую очередь такие балансы должны обеспечить национальную безопасность страны.

Энергетика (энергетическая система), как одна из основных инфраструктурных сфер жизни общества, предназначена для устойчивого обеспечения социума энергией, или другими словами – обеспечения ее энергетической безопасности как неотъемлемой части системы национальной безопасности.

Энергетическая безопасность – состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от обусловленных внутренними и внешними факторами угроз дефицита в обеспечении их обоснованных потребностей в энергии

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

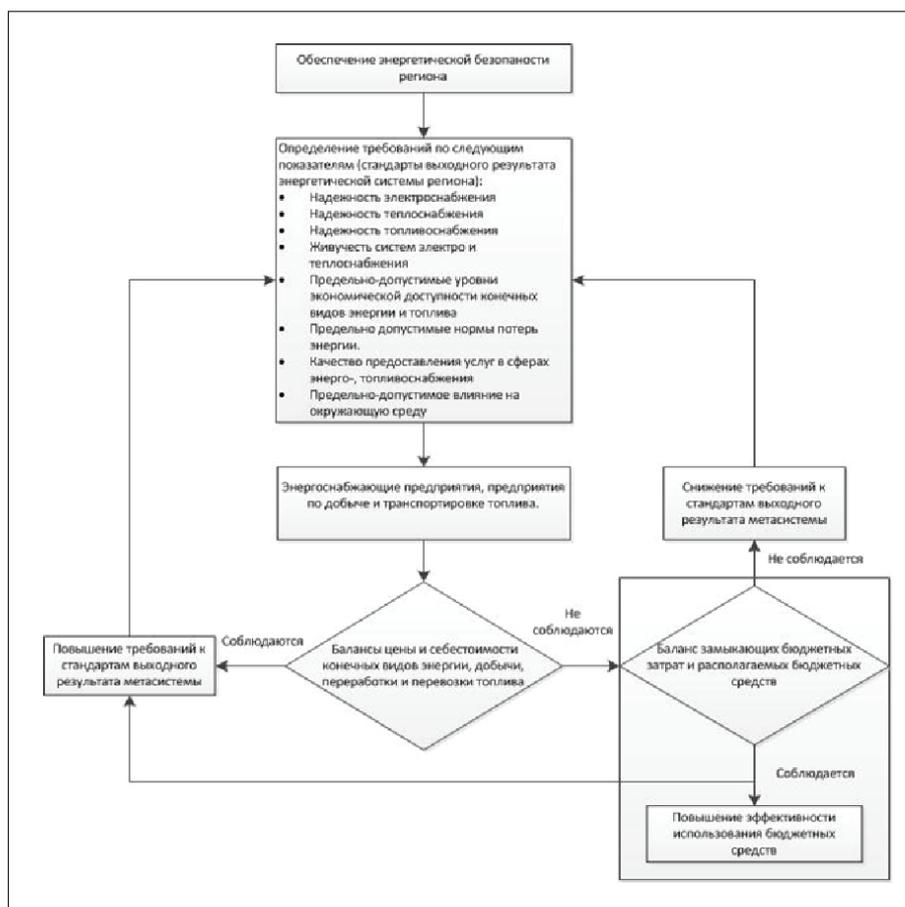


Рис. 2. Принципиальная схема подхода к оптимизации региональной энергетической системы

экономически доступными ТЭР приемлемого качества в нормальных условиях и при чрезвычайных обстоятельствах, а также от нарушений стабильности, бесперебойности топливо- и энергоснабжения [7]. Основными качественными показателями энергетической безопасности являются надежность и живучесть систем энергетики, а также связывающая ее с качеством жизни населения – экономическая доступность конечных видов энергии.

На рис. 2 предложена схема оптимизации применительно к региональной энергетической системе.

Стандарты выходного результата энергетической системы раскрывают и конкретизируют генеральную цель управления энергетической системой. Формирование стандартов представляет собой сложную научно-техническую проблему, обусловленную тесной взаимозависимо-

стью энергетики с социально-экономическими, экологическими и другими системами. При этом стандарты являются действенным инструментом централизованного управления развитием энергетики, причем не только в сфере производства, но и потребления путем стандартизации технических характеристик энергетических установок, ограждающих конструкций, материалов и т.д. При этом данный механизм может быть достаточно гибким, способным подстраиваться под меняющиеся социально-экономические, экологические условия, стимулируя предпринимательскую активность в научно обоснованном направлении.

Оценка баланса цены и себестоимости всех видов экономической деятельности, задействованных в энергоснабжении, является важной составляющей, которая в конечном итоге позволяет оценить замыкающие бюджетные затраты.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

По оценке баланса цены и себестоимости (спроса и предложения) в энергетике имеется достаточно серьезный задел в отечественных школах системных исследований.

Основным критерием оптимизации региональной энергетической системы должен выступать объем замыкающих бюджетных затрат на энергоснабжение при прочих равных условиях. То есть для оценки эффективности проектов, требующих какой-либо поддержки со стороны государства, должна оцениваться их бюджетная эффективность, включающая не только изменение налоговой базы, но и оценку изменения различных бюджетных ассигнований на энергоснабжение.

Существенность бюджетных затрат на энергоснабжение можно показать на примере Республики Саха (Якутия). По итогам 2013 г., по оценке автора, затраты бюджетов всех уровней только на финансовую поддержку текущей деятельности предприятий, участвующих в энерго-, топливоснабжении, составили 14,4 млрд руб. при объеме консолидированного бюджета региона 179,6 млрд рублей. Основное бремя при этом ложится на региональный бюджет. Объем перекрестного субсидирования между потребителями централизованного и децентрализованного электроснабжения, который в текущих сложных экономических условиях, а также открытости экономики страны мировым рынкам, рано или поздно вынужденно ляжет также на бюджет, по оценке автора, составил в 2013 г. около 5 млрд рублей.

Каждый шаг оптимизации требует совершенствования методов прогнозирования на различные временные интервалы, сведения различных прогнозов к конечным оценочным критериям, что на сегодняшний день может дать только системный подход.

Энергетическая стратегия региона должна быть сформирована на основе имитационного моделирования и представлять собой «правила поведения» государственной власти при опреде-

ленных внешних и внутренних условиях. Энергетическая стратегия обязательно должна быть увязана с прогнозами бюджетных средств и качества жизни населения. Большое значение следует уделять выявлению угроз энергетической безопасности и оценке их потенциального влияния на бюджетные затраты.

Энергетическая безопасность региона является системным свойством всего региона, и соответственно действия по ее обеспечению должны оцениваться с позиций сбалансированности и затрат собственных ресурсов метасистемы.

Причина ухода от системного подхода в управлении энергетикой страны и региона кроется в отсутствии ясного понимания генеральной цели энергетики. Цель формирует систему, вокруг которой естественным образом формируются системные исследования. Системный подход на сегодняшний день является единственным инструментом познания природы и оптимизации искусственных систем. В настоящее время в нашей стране документом высшего уровня, раскрывающим генеральную системообразующую цель энергетики, является Энергетическая стратегия, где данному ключевому моменту уделено слишком мало внимания, а базис для формирования региональных стратегий вовсе отсутствует. Безусловно, Стратегия является лишь документом стратегического планирования на определенную перспективу, исходя из сложившихся условий и имеющихся прогнозов. Для формирования энергетической системы страны необходимо формулировать долгосрочную цель, охватывающую интересы общества не только на 15-20 лет, а нескольких будущих поколений нашей страны. Это обусловлено не только с позиций справедливости к будущим поколениям, но и инертностью и сложностью развития энергетической инфраструктуры в природно-климатических, социально-экономических условиях России.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мелентьев Л.А. О главных свойствах больших систем энергетики // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт, 1977, № 1.

2. Макаров А.А. Системные исследования энергетики: 50-летие надежд и 20 лет в тени. // Известия РАН, 2014, № 2.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

3. Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Агафонов Г.В. и др. *Методы и модели разработки региональных энергетических программ*. Новосибирск: Наука, 2003. 140 с.

4. Гайдес М.А. *Общая теория систем. Системы и системный анализ*. Изд. 2-е испр. М.: ГЛОБУС-ПРЕСС, 2005.

5. Анохин П.К. *Очерки по физиологии функциональных систем*. М.: Медицина, 1975.

6. Бушуев В.В., Каменев А.С., Кобец Б.Б. *Энергетика как «система систем»*. Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса» (семинар А.С. Некрасова), 136-е заседание, 29 января 2013 г. М.: Из-во ИПП РАН, 2013.

7. *Энергетическая безопасность России* / В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, А.М. Мастепанов, Ю.К. Шафраник и др. Новосибирск: Наука. 1998. 302 с.

Поступила в редакцию  
04.02.2015 г.

V. Zakharov<sup>2</sup>

### THE APPROACH TO THE ORGANISATION OF CENTRALIZED MANAGEMENT OF THE REGIONAL ENERGY SYSTEM DEVELOPMENT

The paper analyses the approach to the organization of centralized management of the regional energy system development, based on the concept of goal as the main backbone factor. The paper suggests the aggregated scheme of the organization and mechanism of optimizing the regional energy system as a methasystem.

*Key words:* system, methasystem, systematic research, energy sector, centralized management, energy security.

---

<sup>2</sup> Vasilii E. Zakharov – Junior researcher, Institute of physical-technical problems of the North n.a. V.P. Laronov SB RAS, e-mail: vasss@mail.ru.

УДК 338.242:620.9

**В.В. Шмат<sup>1</sup>**

## **О МЕТОДАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ ГЧП С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА<sup>2</sup>**

Статья посвящена вопросам, связанным с выбором методов оценки экономической эффективности применительно к энергетическим проектам государственно-частного партнерства (ГЧП). Традиционный метод дисконтирования денежных потоков далеко не всегда дает приемлемые по качеству результаты вследствие своего детерминизма, тогда как ГЧП при реализации инвестиционных проектов неизбежно подразумевает наличие рисков, необходимость их минимизации и справедливого распределения. В более широком смысле следует говорить не о рисках, а о неопределенности и об отношении к ней, которое проявляется в методах оценки энергетических проектов. В современных условиях все более актуальным становится развитие и применение методов, которые рассматривают неопределенность не как угрозу, а как возможность выявления неочевидных выгод. Данное обстоятельство особенно важно для энергопроектов ГЧП, обычно характеризующихся низкой финансовой эффективностью, что видно на примере проектных оценок, приведенных в статье.

*Ключевые слова:* государственно-частное партнерство (ГЧП), инвестиционный проект, проектный анализ, оценка экономической эффективности, неопределенность, риск, метод реальных опционов, дерево решений.

Оценка финансово-экономической (в том числе общественной, бюджетной) эффективности проектов ГЧП представляет собой весьма специфическую область в рамках проектного анализа. Это прежде всего вызвано особенностями ГЧП как формы совместного, то есть при участии государства и бизнеса, преодоления рисков. Если бы не было рисков, системно угрожающих эффективности инвестиционных проектов в определенных видах хозяйственной деятельности, тогда и не было бы нужды в ГЧП. Необходимость учета риск-составляющей, а в более широком смысле – факторов неопределенности, – предъявляет особые требования к методам экономической оценки проектов, побуждает к дальнейшему развитию традиционно применяемых подходов. Данный процесс идет в различных направлениях, но общей для них является приверженность идеологии, согласно которой в неопределенности видится не столько угроза, сколько возможность для получения неочевидных выгод. Изменение отношения к неопределенности нередко заставляет принципиально по-иному посмотреть на проекты,

которые при использовании детерминистских методов оценки представляются совершенно неэффективными. В случае с проектами ГЧП такая ревизия взглядов на оценку может иметь особенно важное значение.

### **Основные принципы стоимостной оценки энергетических проектов ГЧП**

Несмотря на разнообразие возможных моделей ГЧП при экономической оценке проектов всегда решаются две тесно взаимосвязанные друг с другом принципиальные задачи:

- 1) по нахождению варианта с наилучшим соотношением общих издержек и выгод;
- 2) по нахождению схемы, обеспечивающей взаимоприемлемое распределение издержек и выгод между публичной и частной сторонами.

Сложность оценки состоит в том, что в ГЧП переплетаются весьма противоречивые интересы, реализация которых сопряжена с обоюдным риском [12]. Государство, как минимум, рискует переплатить за услуги бизнеса в рамках соглашения ГЧП, а бизнес рискует не получить ожи-

---

<sup>1</sup> Владимир Витальевич Шмат – старший научный сотрудник Института экономики и организации промышленного производства СО РАН, к.э.н., e-mail: petroleum-zugzwang@yandex.ru.

<sup>2</sup> Статья подготовлена в рамках исследований, проводимых при финансовой поддержке Российского научного фонда (Проект № 14-18-02345).

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

даемую прибыль. При этом риск-фактор любого проекта усиливается вследствие неопределенности будущих условий – не только конъюнктурных для соответствующего вида деятельности (или рынка), но также макроэкономических, социальных и политических. Иными словами, проведение экономической оценки любого проекта ГЧП, а в особенности – дорогостоящих энергетических, организационно и технически сложных проектов, – включает комплексный анализ рисков, что предъявляет серьезные требования к методам и аппарату оценки.

Наибольшую сложность для оценки экономической эффективности представляют инфраструктурные проекты, играющие пионерную роль в хозяйственном освоении природно-ресурсного потенциала территорий. Собственная эффективность (в особенности – коммерческая) проектов такого рода может быть весьма условной и вообще не иметь значения, поскольку они предназначаются для того, чтобы открыть путь, создать условия для решения гораздо более масштабных задач. Пионерный проект по сути является затратным, а эффект, окупающий в том числе и инвестиции в инфраструктуру, должен быть получен за счет хозяйственного развития территории в целом, то есть осуществления комплекса инвестиционных проектов. Сложность оценки обычно связана с дифференцированной институционализацией проектов, множественностью субъектов проектной деятельности и отсутствием полной гарантии того, что после выполнения затратного пионерного проекта последует реализация доходных проектов по освоению территории.

ГЧП считается прежде всего формой проектного финансирования, в основе которого лежит концепция финансирования инвестиционных проектов за счет ожидаемой прибыли, то есть тех доходов, которые создаваемое предприятие принесет в период его эксплуатации [9]. При взгляде на ГЧП, как на форму проектного финансирования, выявляется проблема стоимостного оценивания, поскольку адекватная финансово-экономическая оценка проектов ГЧП представляет собой значительную сложность и для государства и для бизнеса. Неслучайно поэтому вопросам стоимостной оценки проектов ГЧП в настоящее время уделяется большое вни-

мание, хотя на практике, согласно действующим методическим указаниям [7, 8], чаще всего применяются те или иные модификации обычной модели дисконтированных денежных потоков (Discounted Cash Flow/DCF) с экзогенным, дополняющим анализом рисков. Метод DCF считается традиционным инструментом оценки инвестиционных проектов в отечественной и мировой практике. Типовой подход к анализу рисков для проектов ГЧП включает их структурирование (в том числе матричное) по видам, времени и источникам, а также экспертное оценивание вероятностей возникновения и тяжести последствий, из чего вытекают решения по мерам, направленным на снижение рисков проекта [11]. В рамках же стоимостной оценки как таковой финансовый риск учитывается путем обоснования ставок дисконтирования [7, 6], но этого явно недостаточно из-за «врожденного» детерминизма DCF-моделей, которые систематически завышают значение риска и дают смещенные вниз оценки эффективности [19].

Традиционные методы оценки в рамках проектного анализа склонны занижать эффективность, так как не учитывают факторы гибкости при управлении проектами. Это относится не только к оценке энергетических проектов ГЧП, а любых инвестиционных проектов вообще. Метод DCF не способен достойно оценить тот выигрыш, который дает дополнительная гибкость осуществления проекта. Это особенно важно в ситуациях, когда возможен выбор между различными способами осуществления потенциального крупномасштабного проекта. Например, проект можно осуществлять поэтапно, последовательно вкладывая средства с возможностью завершения на каждой промежуточной фазе, а можно сразу же инвестировать покрупному и воспользоваться преимуществами экономии от масштаба [19].

Гибкость особенно важна при реализации проектов с вероятно низкой эффективностью. То есть для проектов ГЧП (и в энергетике – в частности) это имеет еще большее значение, чем для сугубо коммерческих. В целом можно сказать, что традиционный детерминированный подход (метод DCF) к оценке инвестиционного проекта переоценивает риски, что влечет заниженную оценку эффективности, и не учитывает

неочевидные будущие эффекты, которые может принести реализация проекта. Кроме того, традиционные модели не обладают достаточными критериями для оценивания параметров соглашений ГЧП, например, условий концессионных соглашений в части государственных гарантий частному инвестору.

Существуют различные подходы, позволяющие преодолеть недостатки традиционных методов. Одним из них является метод реальных опционов, получивший развитие применительно к стоимостной оценке инвестиционных проектов различного типа. Но сказанное в основном относится к зарубежной практике, включая практику оценивания проектов ГЧП (в сфере транспорта, территориальной и энергетической инфраструктуры, социальной инфраструктуры и проч.), о чем свидетельствует весьма обширная литература. В российской практике оценки проектов ГЧП метод реальных опционов применяется еще очень редко. Из числа работ российских авторов, пожалуй, можно выделить публикацию, в которой рассмотрены разнообразные аспекты дизайна финансовых инструментов в инфраструктурных проектах ГЧП (на примере Международного аэропорта «Пермь»), включая реальный опцион для частного инвестора на выход из проекта [2].

### Модель DCF

Подход (модель) DCF к оценке эффективности инвестиционного проекта основывается на его рассмотрении как набора денежных потоков в различные моменты времени. В рамках метода DCF ключевыми показателями эффективности инвестиционного проекта являются следующие:

- чистый дисконтированный доход (NPV);
- внутренняя норма доходности (IRR);
- срок окупаемости проекта (PBP) по DCF.

К основным параметрам денежного потока следует отнести время и риск. Характеристика «время» очевидна. Экономические агенты предпочитают более раннее получение денег более позднему, и в случае более раннего получения имеют больше возможностей воспользоваться ими. Поэтому при оценке будущих денежных потоков применяется дисконтирование: чем длительнее промежуток времени до момента

получения денежных средств, предоставляемых активом, тем ниже ценность этого актива. Характеристика «риск» более тонка. Риск – это неопределенность в отношении результата экономической деятельности. Большинству экономических агентов свойственно неприятие неопределенности в отношении своего уровня благосостояния.

Учет времени и риска денежных потоков через дисконтирование является основой расчета эффективности инвестиционного проекта по методу DCF. При этом для денежных потоков по конкретному проекту должна быть выбрана единая ставка дисконтирования (норма дисконта). В зависимости от того, каким методом учитывается неопределенность условий реализации проекта при определении ожидаемого чистого дисконтированного дохода, норма дисконта в расчетах эффективности может включать или не включать поправку на риск. Включение поправки на риск обычно производится, когда проект оценивается при единственной сценарии его реализации.

В рамках данного метода изменчивость условий реализации проекта, вытекающая из неопределенности, оценивается с помощью так называемого анализа чувствительности по отношению к тем или иным факторам (прежде всего – ценам и издержкам). При этом количественно оценивается, насколько приведенная стоимость проекта могла бы измениться в зависимости от изменений каждого фактора в диапазоне от самых пессимистичных до самых оптимистичных оценок. Основная трудность заключается во взаимном влиянии факторов друг на друга. Рост одного показателя, например цены продаваемой продукции, может вызвать не только пропорциональное изменение выручки, но и уменьшение объема продаж из-за сокращения спроса. В результате анализ чувствительности нередко рассматривает неправдоподобные варианты развития событий [3].

Помимо этого, в сочетании с моделями DCF, широко применяются метод Монте-Карло и метод сценариев. Однако представленные инструменты дают лишь возможность определить, насколько существенны могут быть отклонения ключевых показателей в зависимости от изменений исходных параметров реализации

проекта и ни один из них не учитывает возможность преобразования проекта. Предполагается только, что может измениться внешняя среда, и не рассматривается опция выбора действий инвестором или оператором проекта во время его реализации. Таким образом, нужны инструменты, которые позволяют при стоимостной оценке проектов учесть гибкость решений.

Один из таких инструментов – «анализ дерева решений», который дает возможность взглянуть на проект с учетом последующего выбора [3, 4]. Любые прогнозы денежных потоков основаны на допущениях относительно дальнейших действий по управлению проектом. Дерево решений позволяет наглядно представить эти допущения и сформировать взвешенную стратегию. Но надо понимать, что подобное моделирование проекта не предполагает отображение всех взаимосвязей внутри системы и полной совокупности экзогенных факторов. Это всего лишь средство представить наиболее значимые связи между сегодняшними и будущими решениями.

### Модель ROA

Другой современный метод, который был разработан с целью учесть гибкость управления и дать более полную оценку инвестиционного проекта – метод анализа реальных опционов (Real Options Analysis/ROA). ROA – это результат развития DCF-анализа. Так же, как и традиционный подход, метод ROA базируется на ценности проекта как приведенной стоимости денежных потоков, но еще и учитывает будущую неопределенность как ценность. В отличие от метода DCF применение метода ROA для проектов, проблемных по критерию эффективности, позволяет ответить на два существенных вопроса.

1. Есть ли вообще потенциальные возможности для достижения приемлемой коммерческой эффективности проекта?

2. Можно ли с помощью инструментов ГЧП создать приемлемые условия (гарантии) для реализации проекта и каковы должны быть эти гарантии?

Суть подхода заключается в определении и использовании схожих характеристик между

управленческими решениями и финансовыми опционами. Финансовый опцион дает право своему владельцу в будущем купить или продать актив по заранее определенной цене [17]. Аналогично управленческие решения могут иметь форму права на определенные действия в будущем. Многие инвестиционные проекты в энергетике содержат реальные опционы. Но они часто недооцениваются, если анализ строится на основе традиционного подхода [5]. В результате потенциально перспективные проекты игнорируются из-за отрицательного NPV. Но если принять во внимание управленческую (финансовую) гибкость и использовать заложенный в проекте реальный опцион, при оценке можно получить положительный NPV.

Реальный опцион – это опцион, базовым активом которого выступает доход от инвестиционного проекта [1]. Он является правом или возможностью принятия некоторого управленческого решения в будущем [14]. Обязательными являются два условия:

1) реальный опцион должен быть задуман с самого начала и должен быть связан с необратимыми затратами (по аналогии с ценой финансового опциона – покупатель оплачивает цену сегодня, чтобы получить право завтра);

2) реальный опцион предполагает наличие гибкости в принятии решений, поскольку будущая ситуация является неопределенной. При этом необходимая информация должна стать доступна к моменту исполнения опциона, и в управлении проектом можно будет учесть дополнительные условия [16].

Таким образом, реальный опцион можно рассматривать как приобретение права на принятие конкретного управленческого решения в будущем. Данное обстоятельство уменьшает степень неопределенности будущего в период от приобретения опциона до момента принятия решения по исполнению права [5].

В практической деятельности используются различные виды реальных опционов, но чаще всего оцениваются опционы на расширение проекта (CALL-опцион) или на выход из проекта (PUT-опцион). Смысл опциона на выход вполне очевиден и заключается в том, что участник (оператор, инвестор) проекта оговаривает право выйти из него с получением опреде-

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

ленной компенсации за актив проекта, который передается (продается) другому собственнику. При этом заранее должна быть определена цена продажи актива (STRIKE PRICE). Смысл CALL-опциона может быть более диверсифицированным и в самом общем случае означает право на получение выгод, которые неочевидны на момент запуска проекта.

Реальный опцион определяется как возможность принятия гибких решений. Важно отметить, что данная категория виртуальна. То есть реальный опцион существует только в сознании проектного менеджмента и (как правило) не может быть продан другому лицу или организации [16].

Взаимосвязь между методами DCF и ROA просматривается в том, что реальный опцион обычно воспринимается как добавка ценности к негибкому проекту, связанная со встроенной гибкостью. Это обстоятельство является основополагающим при оценке стратегических решений на основе реальных опционов. Если говорить об общей ценности проекта, то тогда рассчитывается его прирост. Общая ценность представляет собой сумму ценности осуществляемого проекта в терминах NPV и текущей стоимости реального опциона (Present Value of the Real Option – PVRO), который создается стратегическим решением [10]:

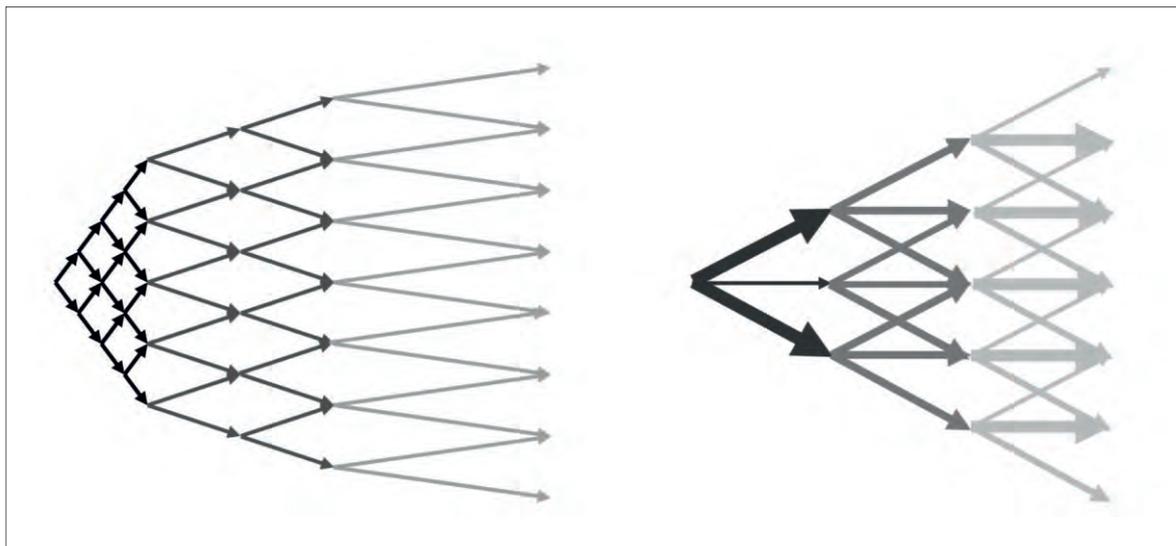
$$\Delta V = NPV + PVRO. \quad (1)$$

При этом второе слагаемое отлично от нуля, если менеджмент проекта принимает решение об исполнении опциона. Такой шаг имеет смысл, если выполняется условие:

$$S > X,$$

где  $S$  – дисконтированные денежные потоки, которые возникают при принятии решения о запуске проекта (аналогично текущей стоимости базового актива), а  $X$  – затраты на реализацию стратегического решения (аналогично цене исполнения опциона).

Модели оценки стоимости реальных опционов можно разделить на два основных класса. Первый основан на модели Блэка-Шоулза [13], второй базируется на модели биномиального дерева Кокса-Росса-Рубинштейна [15]. Вопрос предпочтительности каждого из методов остается актуальным (и многое зависит от свойств проекта), хотя во многих случаях оба метода оценивания стоимости опционов дают примерно одинаковые результаты. Модель Кокса-Росса-Рубинштейна получила свое дальнейшее развитие в виде триномиального опционного дерева (рис. 1). При этом улучшается параметри-



Примечание: толщина стрелок ветвей триномиального дерева иллюстрирует вероятности перехода между узлами.  
Источник: [18].

Рис. 1. Сравнение деревьев биномиальной и триномиальной моделей реальных опционов

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

зация модели, которая устанавливает разумное пространство состояний на основе разумных вероятностей переходов между узлами. Модель реальных опционов на основе тринomialного дерева с изменяющейся волатильностью является более гибким и надежным инструментом в практическом применении для оценки денежных потоков, чем бинарная модель, при сохранении общей для обеих моделей интуитивно понятной привлекательности [18].

### Что дает применение метода ROA для анализа энергопроектов ГЧП?

Так же как и в случае финансовых опционов для реальных опционов различают типы CALL и PUT. В общем случае CALL-опцион дает покупателю опциона право в определенный момент купить базовый актив по установленной цене (цене исполнения, STRIKE). Опцион исполняется, если в момент исполнения стоимость актива выше цены-STRIKE. PUT-опцион дает покупателю опциона право в определенный момент продать базовый актив по цене исполнения. Он исполняется, если в момент исполнения стоимость базового актива ниже цены-STRIKE.

При анализе эффективности инвестиционного проекта важно знать, как меняется величина опционов и от чего зависят изменения (табл. 1). Заметим, что наибольшее влияние на увеличение стоимости CALL-опциона оказывает приведенная стоимость ожидаемых денежных потоков (стоимость базового актива). Поэтому

исследователи рекомендуют исполнителям проектов для повышения их инвестиционной привлекательности сосредоточиться на увеличении доходов, а не на снижении издержек.

В отличие от простой модели DCF, которая не учитывает напрямую волатильность рынка, комплексная модель DCF+ROA учитывает дополнительные выгоды, которые может получить инвестор в виде дохода и возможностей выхода из проекта. Использование метода реальных опционов во всех случаях повышает оценочное значение проектного NPV. При оценке проектов ГЧП модель ROA позволяет усилить переговорные позиции государства по выработке условий соглашений и снизить риски публичной стороны, обеспечивая гарантии частному инвестору (рис. 2).

Таким образом оценка экономической эффективности энергопроекта ГЧП с использованием модели ROA позволяет (в теории и на практике) не только получить более адекватные результаты, но и ориентиры для формирования условий концессионных соглашений. С помощью модели реальных опционов на финансовую гибкость и гибкость управления проектом (CALL-опцион) могут быть оценены неочевидные выгоды, которые прежде всего снижают планку требований по финансовому участию публичной стороны. Гарантии государства частной стороне могут быть оценены с помощью PUT-опциона, дающего инвестору право на выход из проекта по истечении некоторого времени с продажей актива государству. В данном случае вопрос заключа-

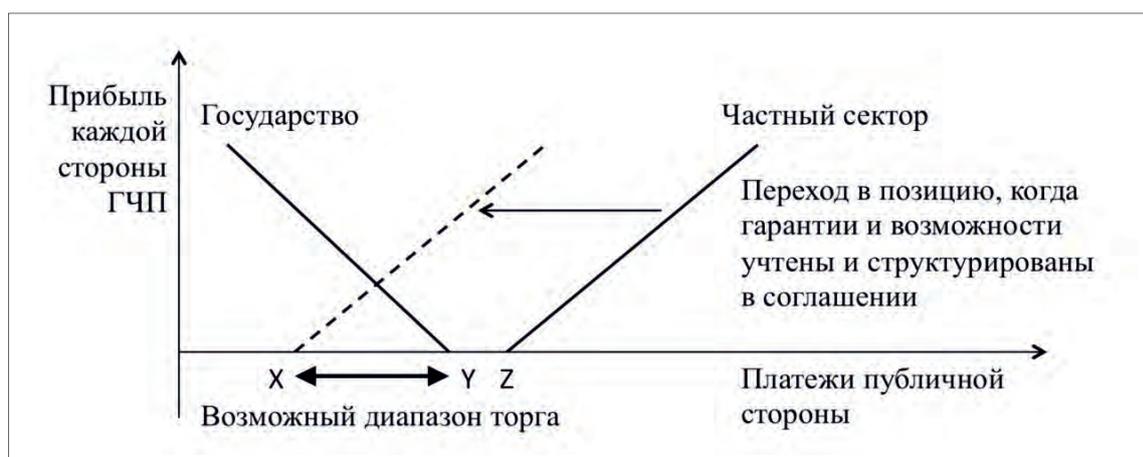
Таблица 1

**Воздействие переменных на цены опционов [16]**

Фактор		Воздействие	
		Стоимость CALL-опциона	Стоимость PUT-опциона
Увеличение стоимости базового актива	$S_0$	+	-
Увеличение цены исполнения	$X$	-	+
Увеличение срока истечения опциона	$T$	+	+
Увеличение дисперсии базового актива	$\sigma$	+	+
Увеличение процентных ставок	$r$	+	-

**Примечание:** (+) - увеличение цены опциона; (-) - уменьшение цены опциона.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ



Источник: [20].

Рис. 2. Переговорные позиции государства и частной стороны

ется в определении цены-STRIKE (цены, по которой актив будет выкуплен).

Вместе с тем реальные опционы далеко не всегда спасают оценочную эффективность инфраструктурных проектов, что видно на примере одного из проектов, финансовым анализом которого мы занимались. Это проект строительства автодороги в Березовском районе Ханты-Мансийского АО (ХМАО), то есть в одном из депрессивных районов главного нефтедобывающего региона страны. Березовский район располагает значительным природно-ресурсным потенциалом, освоение которого сдерживается из-за отсутствия надежных путей сообщения с круглогодичным действием. Строительство автодороги, соединяющей северо-западную часть района с речным портом в бассейне р. Обь позволит ввести в эксплуатацию целый ряд месторождений полезных ископаемых (включая углеводородное сырье, бурые угли, цветные металлы, сырье для производства строительных материалов) и создать новый крупный промышленный узел.

При DCF-оценке по базовым параметрам инвестиций и тарифа на пользование автодорогой (при условии ее платности) проект представляется глубоко неэффективным, что не вызывает особого удивления. Но и величина CALL-опциона оказывается недостаточно большой при любом сроке исполнения, чтобы сделать положительную суммарную величину NPV+RO. То есть неочевидные выгоды проекта не покрыв-

ают его финансовые убытки, исчисляемые по модели DCF. Величина PUT-опциона при различных сроках исполнения зависит от цены-STRIKE. Если допустить возможность выкупа актива государством по истечении 5-го года эксплуатации дороги, то есть после 10 лет реализации проекта (если станет очевидна ее нецелесообразность для инвестора), то приемлемая для инвестора цена-STRIKE должна минимально составить 50,7 млрд рублей. В этом случае сумма NPV и опциона PUT равна нулю, при меньшей величине премии к сумме инвестиций потенциальному концессионеру нет смысла входить в проект (табл. 2).

Иными словами, реальный опцион при оценке проектов ГЧП – это отнюдь не панацея, а всего лишь инструмент, позволяющий более широко посмотреть на возможности формирования денежных потоков и учесть проектные риски.

### Модель DCF с оценкой вероятностного NPV на основе дерева решений

Применительно к сложным проектам, включающим инфраструктурную и промышленную составляющие, которые существенно различаются по величине и характеру (издержки – доходы) денежных потоков, необходимо широко подходить к учету обстоятельств и факторов, определяющих ожидаемую эффективность. При этом зачастую мы сталкиваемся с неопределенностью следующего рода: вероятностные харак-

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

Таблица 2

**Расчеты по модели реальных опционов на примере автодорожного проекта  
в Березовском районе ХМАО**

Срок исполнения опциона, лет	T	10	15	20	25	30
Стоимость CALL-опциона, млрд руб.	C	0,04	0,47	1,11	1,72	2,20
Стоимость базового актива, млрд руб.	So	3,39				
Текущая стоимость инвестиций	X	33,20				
Безрисковая ставка дохода	r	8,5%				
Стандарт. отклонение доходности актива	σ	39,3%				
NPV + RO CALL, млрд руб.		-29,77	-29,34	-28,70	-28,09	-27,61
Цена исполнения опциона PUT, млрд руб.	X	50,7				
Стоимость PUT-опциона, млрд руб.	P	29,8	18,8	11,9	7,6	4,9
NPV + RO PUT, млрд руб.		0,00	-11,05	-17,92	-22,22	-24,94

характеристики параметров проекта неизвестны и риски не поддаются вычислению строгими методами.

В подобной ситуации может быть оправдано использование подхода, который был апробирован нами на примере уже упомянутого выше автодорожного проекта в Березовском районе ХМАО. Данный подход, во-первых, предполагает комплексную оценку издержек и выгод пионерного инфраструктурного проекта и последующих проектов промышленного развития; во-вторых, сценарное моделирование ключевых параметров проекта с использованием дерева решений.

Результирующая оценка коммерческой эффективности проекта проводится с помощью вычисления вероятностного NPV в соответствии с альтернативами дерева решений. Оценка выполняется и для проекта автодороги как такового и для сводного проекта (проект автодороги + комплекс промышленных проектов).

Дерево решений проекта строится с учетом альтернатив по следующим факторам реализации (рис. 3):

1) доле участия государства в финансировании инвестиций в пионерный автодорожный проект, реализуемый в формате ГЧП;

2) ставке тарифа на пользование автодорогой для обслуживания грузопотока, генерируемого в результате осуществления промышленных проектов;

3) ожидаемой величине грузопотока (трафика), зависящего от масштабов реализации промышленных проектов.

Каждая ветвь дерева решений (опция выбора) характеризуется экспертно задаваемой вероятностью, и для каждой последовательности ветвей от начального уровня к третьему (варианта реализации проекта) вычисляется NPV. Вероятность реализации любого из вариантов равна произведению вероятностей по входящим в последовательность ветвям дерева решений:

$$P(i, j, k) = P(i) \times P(j) \times P(k). \quad (2)$$

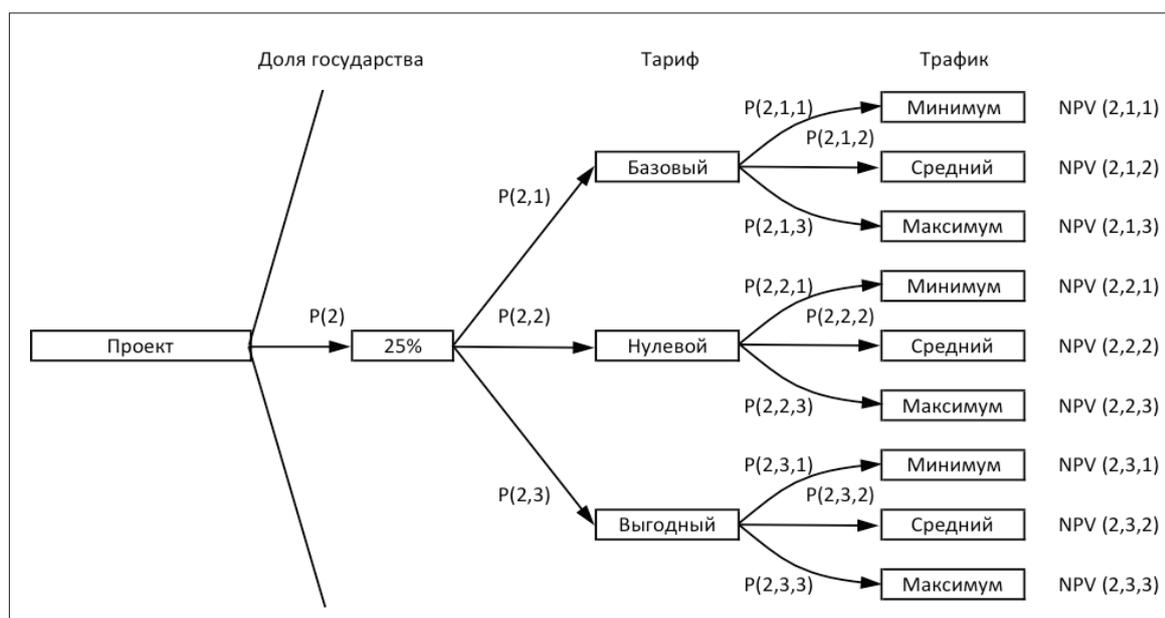
При этом выполняются следующие условия:

$$\begin{aligned} \sum_i p(i) = 1; \sum_i p(i, j) = 1, \forall i; \\ \sum_k p(i, j, k) = 1, \forall i, j; \sum_{i,j,k} p(i, j, k) = 1. \end{aligned} \quad (3)$$

Величина вероятностного NPV проекта с учетом альтернатив равна сумме NPV по всем вариантам реализации (последовательностям ветвей дерева решений), умноженным на соответствующие вероятности:

$$PNPV = \sum_{i,j,k} NPV(i, j, k) \times P(i, j, k) \quad (4)$$

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ



**Примечания:**

- 1) доля государства в инвестициях в проект автодороги на условиях ГЧП принята по вариантам: 0%, 25 и 50%;
- 2) тариф на пользование автодорогой – базовый (определен на основе объектов-аналогов), «нулевой» (при котором NPV автодорожного проекта = 0), «выгодный» (при котором автодорожный проект окупается менее чем за 15 лет).

**Рис. 3. Дерево решений проекта (фрагмент)**

Самую большую сложность в реализации данного подхода к оценке проекта составляет определение вероятностей для каждой ветви дерева решений. По этой причине мы построили несколько вероятностных сценариев:

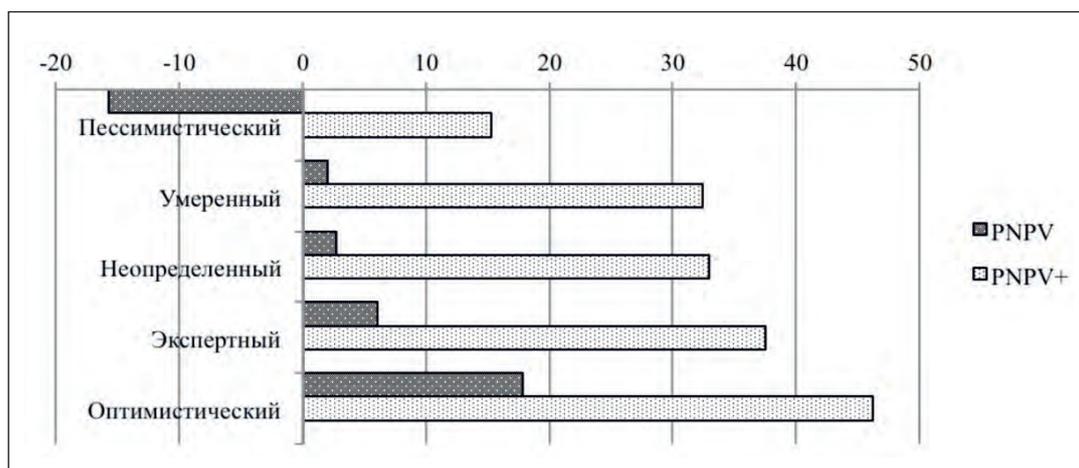
- *пессимистический* – неблагоприятной опции по каждой ветви дерева решений присваивается высокая вероятность ( $P_L = 0,7$ ), средней опции – низкая вероятность ( $P_M = 0,2$ ), благоприятной опции – очень низкая ( $P_H = 0,1$ );
- *умеренный* – средней опции присваивается наибольшая вероятность ( $P_M = 0,5$ ), двум другим опциям присваивается одинаковая вероятность ( $P_H = P_L = 0,25$ );
- *оптимистический* – благоприятной опции по каждой ветви дерева решений присваивается высокая вероятность ( $P_H = 0,7$ ), средней опции – низкая вероятность ( $P_M = 0,2$ ), неблагоприятной опции – очень низкая ( $P_L = 0,1$ );
- *неопределенности* – всем опциям по всем ветвям дерева решений присваивается равная вероятность ( $P_H = P_M = P_L = 1/3$ );
- *экспертный* – вероятности опций оценены нами исходя из собственных представ-

лений о возможных путях развития событий, связанных с реализацией проекта.

Проведенные расчеты выявили смещенность результатов в сторону положительных значений PNPV. Только в пессимистическом вероятностном сценарии имеет место отрицательная приведенная стоимость проекта автодороги. Во всех остальных случаях величина PNPV является положительной. Примечательно, что положительное значение PNPV характерно для умеренного сценария, сценария неопределенности и экспертного, в котором учтены обоснованные ожидания в отношении возможных условий реализации проекта (рис. 4).

Полученный результат представляется в небольшой степени реалистичным по той причине, что вероятность одновременного выпадения неблагоприятных исходов по всем факторам выглядит крайне маловероятной. Наш довод подкрепляется заинтересованностью государства в реализации проекта, целесообразностью его перевода в формат ГЧП и наличием иных регуляторных предпосылок. К примеру, даже если государство не сможет выступить в роли основного соинвестора (то есть предоставить значительный по размерам капиталный грант),

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ



**Примечание:** PNPV – показатели проекта автодороги; PNPV+ – показатели сводного проекта (проект автодороги + комплекс промышленных проектов).

**Рис. 4.** Значения PNPV по вероятностным сценариям, млрд рублей

в его компетенции остается возможность установления тарифа, привлекательного для частной стороны, и налогового стимулирования как автодорожного, так и промышленных проектов.

### Заключение

Проведенные исследования по вопросу экономической оценки инфраструктурных энергетических проектов ГЧП выявили определенные методические сложности, связанные главным образом с учетом факторов неопределенности и риска. Традиционный подход, основанный на применении модели дисконтированных денежных потоков, характеризуется весьма детерминистской идеологией, согласно которой неопределенность условий и волатильность рынков рассматриваются в качестве угрозы, источника нежелательных рисков. Существуют иные подходы (например метод реальных опционов) с иным взглядом на указанные факторы, то есть видящие в них не только и не столько угрозы, сколько возможности, неочевидный потенциал эффектов, связанных с вероятностью повышения доходности и управленческой гибкостью.

Поэтому расширение методической базы при оценке экономической эффективности проектов ГЧП в инфраструктурной сфере представляет-

ся не просто актуальным, но и весьма продуктивным с точки зрения принятия решений. Это особенно важно для пионерных проектов (а пионерная роль инфраструктуры в хозяйственном развитии многих территорий почти априорна), когда сложно напрямую соизмерять затраты и результаты, поскольку непосредственные эффекты затратных инфраструктурных проектов крайне малы, а доходность главным образом связана с реализацией обусловленных хозяйственных проектов. В данном случае необходим широкий взгляд на формирование условий реализации комплексных энергетических проектов, включающих пионерную инфраструктурную составляющую и сопряженные потенциально доходные компоненты, осуществимость которых зависит от первой. Анализ подобных ситуаций показывает, что возможность сочетания условий, благоприятствующих эффективному выполнению комплексного проекта, может быть более вероятной, нежели обратная – с явным преобладанием негативных факторов. Но чтобы выявить отмеченное обстоятельство при экономической оценке необходимо применение сравнительно развитых (по отношению к обычному соизмерению дисконтированных денежных потоков) методов проектного анализа.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Баранов А.О., Музыка У.И. Реальные опционы в венчурном инвестировании: оценка с позиции венчурного фонда // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2011, т. 11, вып. 2. С. 62-70.
2. Божья-Воля Р.Н., Петрушина М.В. Дизайн финансовых инструментов в инфраструктурных проектах: Международный аэропорт «Пермь» // Корпоративные финансы. 2014, № 1. С. 85-98.
3. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов. М.: Олимп-Бизнес. 2007.
4. Коупленд Т., Коллер Т., Муррин Дж. Стоимость компаний: оценка и управление. М.: Олимп-Бизнес, 2008.
5. Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2014.
6. Максимов В.В. Государственно-частное партнерство в транспортной инфраструктуре: критерии оценки концессионных конкурсов. М.: Альпина Паблишерз, 2010.
7. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. 2-я ред., испр. и доп. / утв. Распоряжением Минэкономики РФ, Минфина РФ и Госстроя РФ от 21 июня 1999 г. № ВК 477. М.: Экономика, 2000. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=LAW&n=28224&req=doc>.
8. Правила формирования и использования бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда РФ / утв. Постановлением Правительства РФ от 1 марта 2008 г. № 134 (в ред. от 26.12.2014 № 1505). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_173821/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173821/).
9. Риски бизнеса в частно-государственном партнерстве. Национальный доклад (Программа развития ООН в России). М.: Ассоциация менеджеров, 2007. URL: <http://www.undp.ru/index.php?iso=RU&lid=2&cmd=publications1&id=61>.
10. Рогова Е.М. Оценка стратегических решений менеджмента с использованием реальных опционов // Управление корпоративными финансами. 2012, № 2 (50). С. 86-95.
11. Финансовое моделирование и анализ рисков в ГЧП / Материалы программы повышения квалификации «Государственно-частное партнерство: теория, законодательство, практика (на примере объектов социальной инфраструктуры)». Северо-Западный научно-образовательный центр в сфере государственно-частного партнерства, СПб. PwC Russia B.V., 2013. 56 с. URL: [http://www.spbstu.ru/ppp/2013\\_tr/Kuznecov.pdf](http://www.spbstu.ru/ppp/2013_tr/Kuznecov.pdf).
12. Benes M., Stary O. Economic Risk in PPP Energy Projects // Energy, Policies and Technologies for Sustainable Economies. Vienna: IAEE, 2009. 9 p. URL: <http://www.iaee.at/2009-IAEE/details.php>.
13. Black F., Scholes M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities // Journal of Political Economics. 1973, Vol. 81, Is. 3. P. 637-654.
14. Bowman E.H., Moskowitz G.T. Real Options Analysis and Strategic Decision Making // Organization Science. 2001, Vol. 12, Is. 6. P. 772-777.
15. Cox J., Ross S., Rubinstein M. Option Pricing: A Simplified Approach // Journal of Financial Economics. 1979, Vol. 7, Is. 3. P. 229-263.
16. Damodaran A. Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset / 3rd Edition. — Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2012. URL: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>.
17. Gamba A., Sick G. Some important issues involving real options: an overview // Multinational Finance Journal. 2010, Vol. 14, No. 1/2. P. 73-123.
18. Haahtela T. Recombining Trinomial Tree for Real Option Valuation with Changing Volatility // Real Options: Theory Meets Practice, 14th An. Int. Conf. Rome, Italy, 2010. URL: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1932411](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1932411).
19. Laughton D.G. The Potential for Use of Modern Asset Pricing Methods for Upstream Petroleum Project Evaluation: Introductory Remarks // The Energy Journal. 1998, Vol. 19, Is. 1. P. 1-11.
20. Liu J. Application of real option in risk evaluation and management of PPP/PFI projects. Nanyang: Technological University (Digital Repository), 2007. URL: <https://repository.ntu.edu.sg/handle/10356/12060>.

Поступила в редакцию  
21.04.2015 г.

**V. Shmat<sup>2</sup>**

**ON THE METHODS OF PPP REGIONAL ENERGY PROJECTS  
ECONOMIC EVALUATION WITH UNCERTAINTY AND RISK  
ASSESSMENT**

Article is devoted to issues related to the choice of methods for the cost-effectiveness evaluation of PPP (public-private partnerships) projects. Traditional discounted cash flow method does not always give acceptable results due to its determinism, while the implementation of PPP for investment projects will inevitably involve risks, the need to minimize them and equitable allocation. In a broader sense should not talk about the risks but on uncertainty and the attitude to it, which manifests itself in the methods of project evaluation. In modern conditions development and application of methods that consider uncertainty not as a threat but as an opportunity to elicit non-obvious benefits is becoming increasingly important. This is especially important for PPP projects, usually characterized by low financial performance, as illustrated by the project evaluations mentioned in article.

*Key words:* Public-Private Partnership, PPP, investment project, project analysis, economic evaluation, uncertainty, risk, real options method, decision tree.

---

<sup>2</sup> Vladimir V. Shmat – Senior researcher, PhD in Economics, Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of the RAS, e-mail: petroleum-zugzwang@yandex.ru.

УДК 620.9

Е.Г. Гашо, М.В. Степанова<sup>1</sup>

## **РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ ЧЕРЕЗ ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

Проявившиеся в последнее время серьезные затруднения в реализации элементов политики энергосбережения и энергетической эффективности требуют пристального анализа выбранных пять лет назад приоритетов государственной политики в этом направлении, комплекса предложенных механизмов, критериев и методик оценки энергоэффективности в разных секторах экономической деятельности. Статья посвящена проблематике повышения энергоэффективности промышленного комплекса регионов. Анализируются разнородные направления, способные привести к реализации законодательного требования снижения энергоемкости экономики на 40% к 2020 году. Предложена типологическая модель, согласно которой все регионы РФ разделены на три группы по качественным различиям в энергопотреблении, для каждой из групп предлагаются ключевые направления реализации стратегии повышения энергетической эффективности региональной экономики.

*Ключевые слова:* оценка энергоемкости ВРП, удельное энергопотребление региона, показатели энергоемкости, энергосбережение, стратегии энергетического развития.

Оценка эффективности сложных объектов и экономических систем вообще и энергоэффективности в частности – процесс непростой и, как правило, системный и многофакторный. В отличие от простых физических или термодинамических процессов с понятными критериями эффективности (КПД), переход к более сложным объектам и системам (включающим в себя какие-либо экономические оценки) неизбежно несет в себе наличие неучтенных погрешностей или искажений.

Навязчивое и безоглядное сравнение энергоемкости российской экономики, регионов с другими странами заставило задуматься о границах применимости подобных показателей, адекватности методик расчета и достоверности исходных данных. Насколько мы вправе применять само понятие «валового продукта» не к государству, а к весьма относительно самостоятельным субъектам Федерации, экономический комплекс которых становился на ноги в современных условиях в течение всего двух с половиной десятилетий?

Энергетические и ресурсные балансы в стране, площадь которой почти в 40 раз больше Франции или Германии, замыкались в рамках макрорегионов, территориально-производственных комплексов, которых, к слову

сказать, в разное время насчитывалось до трех десятков. В настоящее время все изменилось, регионы стали субъектами экономической и социальной политики.

Громадное разнообразие региональных условий и особенностей, методический разнобой в определении энергоемкости и энергопотребления городов и промышленных узлов, развитые, но требующие пересмотра политики теплофикационные системы, доставшееся в наследство преимущество в виде широкого использования вторичных энергоресурсов предприятий для теплоснабжения городов, новые технологические, управленческие, регуляторные условия – все эти факторы делают актуальной отработку комплекса различных показателей и критериев для выработки управленческих решений.

Нет сомнений, что для адекватной оценки необходима система с набором показателей, соразмерных сложности оцениваемых объектов и структур (предприятие, город, регион, экономика страны), и использования привычных экономических инструментов (типа показателя энергоемкости валового продукта) явно недостаточно. Опираясь только на энергоемкость ВВП и ВРП при сравнении эффективности энергоиспользования в экономиках разных стран или, соответственно, регионов, некорректно по

---

<sup>1</sup> Евгений Геннадьевич Гашо – эксперт Аналитического центра при Правительстве РФ, доцент Московского энергетического института, к.т.н., e-mail: 290461@bk.ru;

Мария Вячеславовна Степанова – эксперт НП «Союз «Энергоэффективность», к.э.н., e-mail: stpnva@mail.ru.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

целому ряду причин как субъективных, так и объективных.

Во-первых, это нехватка и существенные искажения исходных данных, существенные различия в методиках расчета вторичных энергетических потоков и балансов. Это не исправить быстро, следует поэтапно накапливать и верифицировать данные, используя все возможные источники: результаты энергетических обследований, показания приборов учета, автоматизированные базы данных энергопотребления. Даже самые предварительные проверки топливно-энергетических балансов стран и регионов показывают полную методическую неразбериху в определении топливных эквивалентов потребляемой электроэнергии, несходимость величин топливопотребления автотранспортом, сложности с полным учетом потребляемого количества тепловой энергии.

Таким образом, в дробь, которую представляет собой показатель энергоемкости ВВП (ВРП), числитель (потребляемые энергоресурсы) зачастую подсчитан некорректно. Значит, нельзя использовать для серьезного анализа и всю дробь. Да и знаменатель, то есть рассчитанный валовой продукт, тоже подвержен искажениям как чисто фискального характера (регистрацией ряда энергоемких предприятий далеко за пределами регионов, в которых потребляются энергоресурсы), так и нюансами неформальной и «серой» экономики.

Объективные факторы связаны с тем, что весьма сильно разнится структура потребления энергии, то есть технологическая энергоемкость экономики: если для российских условий городам в среднем необходима единица электроэнергии в сочетании с двумя-тремя единицами тепла (климат!), для большинства западных стран это соотношение полностью обратное: две-три единицы электроэнергии к одной единице тепла. Это влечет за собой соответствующий набор энергоисточников и структуру мощностей, графики потребления и взаимообусловленность энергоносителей. Кроме того, не будем забывать, что именно электроэнергия – наиболее ценный энергоресурс и именно электровооруженность является основой экономического развития в современном мире. И электроэнергии мы потребляем значительно меньше других стран (особенно в быту, кстати говоря).

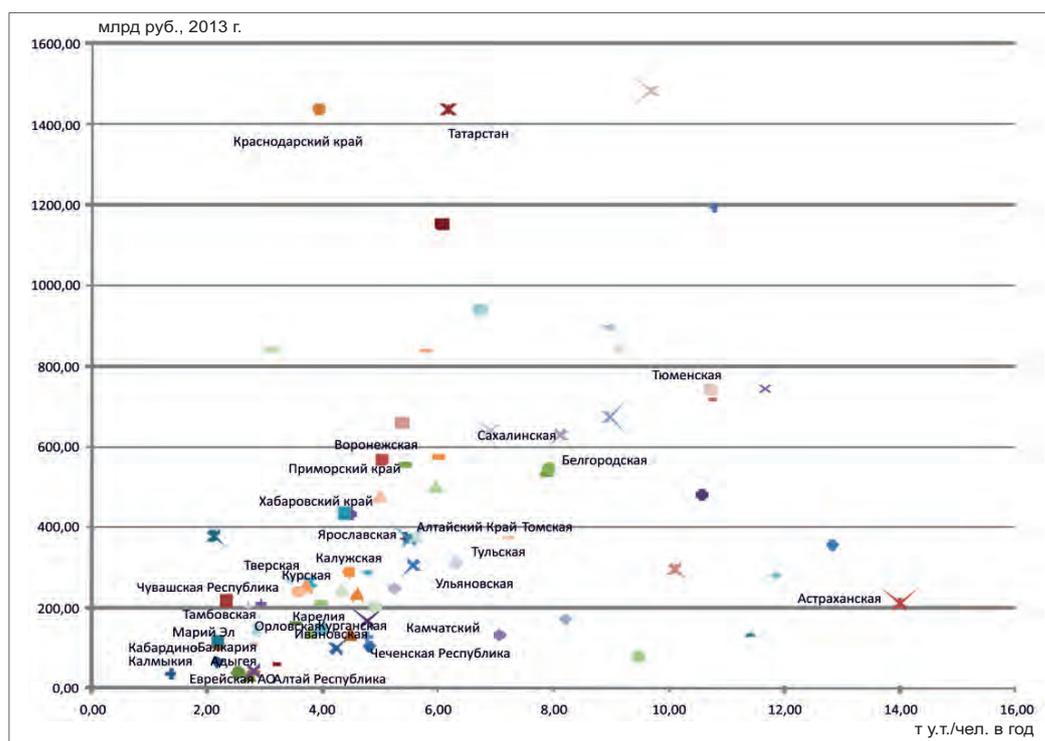
Принимая за среднюю величину удельного энергопотребления в стране около 6 т у.т./чел. в год, можно ориентировочно разделить все регионы по этому показателю на три большие группы. Для полутора десятков регионов с удельным потреблением ТЭР от 1,5 до 3 т у.т./чел. необходимо вести разговор не об энергосбережении, а о ликвидации энергетической отсталости, повышении энергетической вооруженности экономики (только на отопление и бытовое электропотребление необходимо в разных регионах от 1 до 3 т у.т./чел.). Два десятка регионов с удельным потреблением от 3 до 5 т у.т./чел. также требуют определенного роста энерговооруженности промышленности и бытовой сферы, но здесь уже появляются определенные резервы сокращения потерь. Еще шестнадцать регионов имеют среднероссийские показатели – 5-7 т у.т./чел., и потенциал энергосбережения в них в разных секторах может колебаться в пределах 15-25%.

Регионы с высокой энергонасыщенностью располагают развитой энергетической инфраструктурой, которая при изменении ситуации может быть переориентирована на новые производства. В целом ситуация по стране крайне разнообразная. А ведь помимо этих двух параметров сравнения регионов, существует еще целый ряд важнейших характеристик и особенностей, влияющих на концепцию региональной политики в сфере энергосбережения.

Ряд аналитиков аргументируют необходимость существенного роста энерговооруженности и, соответственно, энергопотребления страны с нынешних 6,5 до 9-11 т у.т. на человека. Надо ли дополнительно развивать мысль, что именно применение концентрированных потоков энергии является ключевым фактором прогресса технологических систем цивилизации. Приведенный в статье рисунок наглядно демонстрирует общую зависимость экономики (размера ВРП) от удельного потребления энергоресурсов, хотя мы видим, что у этой тенденции есть и лидеры (Урал, Татарстан, Краснодарский край) и явные аутсайдеры (Астраханская обл.).

Большинству регионов в текущих условиях при существующих стратегиях развития и принимаемых тактических мерах достичь 40% снижения энергоемкости ВРП к 2020 г. крайне

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ



*Зависимость экономики регионов (размера ВРП) от удельного потребления ТЭР*

затруднительно. Энергоемкость ВРП – это отношение совокупных затрат энергии региона к валовому региональному продукту. Можно сокращать числитель – количество энергоресурсов, но такая стратегия приемлема далеко не везде. Сокращение энергопотребления на 40% – крайне болезненная для экономики мера. А вот рост знаменателя – за счет малоэнергоемких

производств (сферы услуг), общего оздоровления экономики, новых энергоэффективных производств – вариант гораздо более эффективный.

А вот какую стратегию энергоэффективного роста выбрать – это предмет серьезного анализа и проработки стратегии сбалансированного развития промышленности, энергетики, инфраструктуры и др. (см. табл. 1-3).

Таблица 1

**Общие направления и способы повышения энерговооруженности региона**

Направления роста энерговооруженности	Способы реализации	Примечания (предпосылки)
Наращивание мощностей существующих энергоисточников	Модернизация энергоблоков (бинарные блоки ПГУ и ГТУ) Надстройка котельных блоками ГТУ	Наличие газа в регионе
Развитие дополнительных энергоисточников на местных видах топлива, отходах производства, ТБО	Строительство энергоисточников в централизованных и в удаленных зонах. Мобильные энергоисточники	Наличие топлива, местного топлива (лесн. отходы, торф)
Развитие энергоисточников на ВИЭ, биотопливе	Строительство установок ВИЭ, комбинированных (ветро-дизельных, солнечно-топливных и др.) установок	Наличие потенциала ВИЭ
Использование ВЭР разного потенциала	Установки использования тепла вентвыбросов, бытовых стоков, попутного газа	
Специальные возможности	Развитие новых энерготехнологических перерабатывающих кластеров. Атомные энергоисточники	Наличие ресурсов

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

Таблица 2

**Примеры выбора различных векторов энергоэффективного развития регионов**

Набор векторов энергоэффективного развития регионов	Примечания
	<p>Рост генерации в «теплых» регионах Северного Кавказа (Краснодарский край, Крым) и рост энерговооруженности малоразвитых регионов Центральной России (Ивановская, Кировская, Псковская обл., Марий Эл)</p>
	<p>Развитие энергоисточников в регионах Поволжья (Нижегородская, Костромская обл.), активное развитие энергетической инфраструктуры Московской области</p>
	<p>Активное использование вторичных энергоресурсов крупными промышленными комплексами Липецкой, Кемеровской обл.</p>

Можно назвать три основные возможности снижения энергоемкости ВРП: сокращение потерь и непроизводительных расходов ТЭР в раз-

личных секторах экономики региона; рост экономики региона за счет производств с низкой энергоемкостью, сферы услуг, малого бизнеса,

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

туризма и др.; освоение новой энергоэффективной техники и активное развитие возобновляемых источников энергии в регионе. И в каждом регионе их сочетание является индивидуальным. Отличительной характеристикой региона является наличие и роль в нем промышленного комплекса с его ведущими энерготехнологическими процессами и технологиями.

Отсюда вырисовываются базовые направления энергоразвития территории. Для первой группы – это элементарный рост энерговооруженности, вторая может сочетать этот рост с повышением эффективности, для третьей группы необходима срочная модернизация энергоемкого технологического комплекса.

Несмотря на то, что все регионы стремятся к зоне энергоэффективности с низкой энергоемкостью ВРП, направления (и наполнение) стратегий энергоэффективного развития существенно различно. Движение региона по заданному направлению (вектору) осуществляется на основе выбора мер из различных сформированных сценариев. Вместе с тем, очевидно, что для первой группы регионов (с недостаточным энергопотреблением) существенный рост ВРП (в том числе в малоэнергоемких отраслях) практически невозможен именно по причинам слабой энерговооруженности.

Эта же ситуация вполне относима и к удаленным, труднодоступным территориям с децентрализованным энергоснабжением. Сначала – надежный и эффективный энергоисточник, и только потом – рост экономики (даже от туриз-

ма и рекреационного комплекса). В этом смысле будет весьма показательно, как распорядится Краснодарский край сказочным подарком в виде новых энергоемкостей, которые необходимо будет довести до всех удаленных уголков региона.

Поэтому выбор и соотношение базовых направлений энергосбережения в различных регионах определяется общей территориальной картиной, особенностями структуры топливно-энергетического баланса, рядом других влияющих аспектов. В частности, в промышленных регионах речь идет в первую очередь о более полном использовании потенциала ТЭР, энерготехнологическом комбинировании, использовании вторичных энергетических ресурсов, в аграрных и слабозаселенных – приоритетом является эффективное развитие удаленных поселений, транспортных инфраструктур.

Необходим комплекс взаимосвязанных мер по согласованию противоречивой пока еще правовой среды, поэтапное ужесточение стандартов и нормативов, продуманная кадровая работа и пропаганда. Отдельной методической задачей остается согласованность действий регионов и Федерации.

Всего четверть регионов смогли в своих программах энергосбережения свести топливно-энергетический баланс (и это несмотря на то, что территориальные органы статистики уже несколько лет занимаются формированием таких балансов), определить резервы и потенциалы энергосбережения. Отдельным вопросом

Таблица 3

### Приоритеты региональных стратегий и программ энергосбережения

Типологические группы	Примеры регионов	Приоритеты стратегий и целевых программ
Группа регионов с недостаточным энергопотреблением (1,5-3 т у.т./чел. в год)	Краснодарский край, Республика Марий Эл, Псковская обл., Республика Крым, Адыгея, Калмыкия	Низкий потенциал развития промышленности. Приоритетное развитие энергоисточников на местных (торф, биогаз), возобновляемых (солнечные коллекторы, ветровые агрегаты, мини-ГЭС) ресурсах, формирование проектов и программ энергообеспечения удаленных поселений.
Группа регионов со среднероссийским энергопотреблением (4-7 т у.т./чел. в год)	Москва, Воронежская, Волгоградская области	Приоритетное развитие малоэнергоемких отраслей промышленности. Сбалансированное повышение эффективности и снижение потерь во всех секторах (энергоисточники, сетевое хозяйство, различные потребители).

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

Окончание табл. 3

Типологические группы	Примеры регионов	Приоритеты стратегий и целевых программ
Группа регионов с высоким энергопотреблением (свыше 8 т у.т./чел. в год)	Липецкая, Белгородская, Кемеровская, Свердловская Мурманская области	Интенсивное энергосбережение в промышленной сфере, весь комплекс предложенных мер (утилизация ВЭР, энерготехнологическое комбинирование, реализация переделов с высокой добавленной стоимостью, использование сбросного тепла газоперекачивающих агрегатов и т.п.).

остаётся неготовность регионов к самостоятельному формированию эффективной промышленной политики. Адекватный раздел «Энергосбережение в промышленности» имеют в своих программах ещё меньшее число регионов – не более 20%. Вместе с тем абсолютно очевидно, что без участия промышленности планируемое снижение энергоёмкости, как и экономическое развитие на основе роста энергоэффективности, недостижимо.

Соответственно, оптимальный вектор энергетической стратегии в соответствующих координатах определяется по исходному и требуемому состоянию региона (соответствующему поставленным целям энергоэффективного развития и отвечающему задачам реализации государственной политики на территории региона). Естественно, при этом необходимо учитывать ключевые региональные особенности и предпосылки (см. табл. 2).

В табл. 2-3 показаны наборы векторов энергоэффективного развития ряда регионов РФ, определенные в процессе формирования целевых программ и стратегий энергосбережения. Расчет конкретных параметров роста энергоёмкости, энергопотребления, использования вторичных энергоресурсов производится в рамках формирования целевых программ энергосбережения. Безусловно, надо отличать чисто энергетические решения от экономико-статистических способов наведения порядка с расчётом ВРП.

Для успешной реализации региональных программ и политики энергоэффективного развития подавляющему большинству регионов необходим весьма существенный рост энергопотребления, новых энергоёмкостей, модернизация инфраструктуры. Переход к стратегии снижения энергоёмкости ВРП на уровне реги-

она возможен в случае достижения определенных значений удельного энергопотребления не менее 5-7 т у.т./чел. (определяющихся климатическими параметрами и размерами территории), а реализация стратегий новой индустриализации потребует энерговооруженность в два раза больше.

### Заключение

Планы новой индустриализации, масштабный рост жилья, применение новых технологий, развитие практически всех видов транспорта требуют кратного роста энергопотребления на новых принципах генерации, передачи энергоресурсов всех видов, их потребления во всех секторах экономики. Ключевыми критериями перехода к новому энергетическому укладу, применения прогрессивных схемных и технологических решений являются сквозная энергоёмкость, безотходность, снижение экологического воздействия.

Понятно, что проблема роста энергоэффективности экономики в значительной степени упирается в продуманность и органичность целевых региональных программ. Однако они пока далеко не всегда демонстрируют ясное понимание региональных энергоособенностей (наличие ТЭБ) и готовность к работе с региональным индустриальным сектором (наличие раздела по промышленности). Вместе с тем абсолютно очевидно, что без участия промышленности планируемое снижение энергоёмкости недостижимо.

Кроме экономической энергоёмкости, для оценки энергетической эффективности необходимо ввести в обиход показатели полной энергоёмкости промышленной продукции, энергоёмкости сложных технических систем (электро-,

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

тепло-, водоснабжения), затем синхронизировать эти показатели со статистическими формами, справочниками наилучших доступных технологий, поэтапно закрепить в ГОСТах и регламентах. Для разработки адекватных планов и программ энергосбережения не хватает базы данных с типовыми решениями технически проработанных энергосберегающих технологий и энергоэффективного оборудования для применения на местах. Остро необходимы типовые методики и разъяснения, тиражирование успешного опыта, набор «мануалов» по выбору и применению наилучших доступных технологий.

Восточный вектор развития страны задает серьезные граничные условия по формированию новых газо-, углекислотных комплексов, развитию сопутствующих производств с высокой энергоемкостью, что, безусловно, влечет за собой необходимость создания гибкой энергетической инфраструктуры. Важно, чтобы эта сеть была сбалансирована с новым архипелагом ядер надежного энергоснабжения удаленных и труднодоступных поселений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гашио Е.Г., Репецкая Е.В. *От стратегий и программ к реальному энергосбережению: опыт региональных проектов // Энергетическая политика. 2011. № 1.*

2. Гашио Е.Г. *Развитие через энергоэффективность: региональный аспект / Энергосбережение в зеркале промышленной политики. М.: Аналитический центр при Правительстве РФ. 2014.*

3. Указ Президента РФ от 4.06.2008 № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».

4. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности Российской Федерации».

5. Государственная программа «Энергоэффективность и развитие экономики». Утв. Постановлением Правительства РФ № 321 от 15.04.2014 г.

6. Особенности реализации политики энергосбережения в регионах. Аналитический сборник / под ред. Е.Г. Гашио. М.: Аналитический центр при Правительстве РФ. 2012.

7. Антонов Н., Лукина Е., Татевосова Л. *Динамика электропотребления и макроэкономических показателей России как фундамент для прогнозирования // Энергорынок. 2013. № 7.*

8. Гашио Е.Г., Степанова М.В. *Системный резерв // Эксперт. 2014. № 10.*

9. *Энергосбережение в зеркале промышленной политики / Аналитический сборник. М.: Аналитический центр при Правительстве РФ. 2014.*

10. Gasho E. *Programme der energieeinsparung sind aufgeleest – wie weiter // Wostok. 2011. № 2.*

11. *Reference Document for Best Available Techniques for Energy efficiency. URL: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ENE\\_Adopted\\_02-2009.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ENE_Adopted_02-2009.pdf).*

12. Гусева Т.В., Степанова М.В. *Проблемы и перспективы повышения энергоэффективности российской промышленности / Энергосбережение в зеркале промышленной политики. М.: Аналитический центр при Правительстве РФ. 2014.*

Поступила в редакцию  
15.06.2015 г.

**E. Gasho, M. Stepanova<sup>2</sup>**

## **THE REGIONAL DEVELOPMENT THROUGH THE INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY**

The current obstacles in the realization of the energy saving and energy efficiency policy require the detailed analysis of the priorities of the corresponding state policy chosen 5 years ago, of the complex of the proposed mechanisms, criteria and methodologies of the energy efficiency assessment in different economic sectors.

The paper analyses the issues of increasing the energy efficiency of the production sector of the regions. The paper analyses the different directions, which may lead to the realization of the required decrease of energy use for 40% up to the year 2020. The paper propose the topological model, according to which all the regions of the Russian Federation are divided into 3 groups by qualitative differentiation in energy use, for each of the groups the authors propose the key directions of realization of the regional strategy in energy efficiency increase.

*Key words:* GRP energy intensity assessment, regional energy intensity, energy intensity indicators, energy saving, strategies of energy development.

---

<sup>2</sup> Evgeny G. Gasho – Expert, Analytical Centre of Government of Russian Federation, Docent in Moscow Energy Institute, PhD in Engineering, *e-mail:* 290461@bk.ru;  
Mariya V. Stepanova – Expert, SE «Soyuz energoeffektivnosty », PhD in Economics, *e-mail:* stpnva@mail.ru.

УДК 622.33.013(571.64)

Н.А. Петров<sup>1</sup>

## **ХОД РЕАЛИЗАЦИИ И НЕОБХОДИМОСТЬ КОРРЕКТИРОВКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) С ВЫСОТЫ ЦЕЛЕЙ БУДУЩЕГО**

В статье рассматриваются этапы развития ТЭК Республики Саха (Якутия) с 1980 г. до настоящего времени, а также прогноз развития до 2030 года. При этом проведен анализ первого этапа реализации Энергетической стратегии Республики Саха (Якутия). Выполнено исследование особенностей реализации и обосновывается необходимость реструктуризации и корректировки Энергетической стратегии Республики Саха (Якутия), приведены важнейшие приоритеты масштабного развития отраслей ТЭК Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года.

*Ключевые слова:* энергетическая политика, энергетическая стратегия, крупные энергетические проекты, нефтегазовый комплекс, угольная промышленность, электроэнергетика, Дальний Восток.

*Нам надобно выучиться смотреть на прошлое  
и настоящее с высоты целей будущего.*

*М. Горький*

Проблемы формирования региональной энергетической политики занимают особое место среди важнейших приоритетов в стратегии развития энергетики России. Это обусловлено огромной территорией России с чрезмерной неравномерностью размещения топливно-энергетических ресурсов, значительным разнообразием природно-климатических, социально-экономических и политических условий и получением субъектами федерации больших прав в формировании и реализации собственной энергетической политики. Поэтому Энергетическая стратегия Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года (далее ЭСРС-2030 или Стратегия), состоящая из системно обоснованного набора перспективных мер и ориентиров является инструментом координации заинтересованных сторон (федеральных и региональных органов исполнительной власти, компаний недропользователей, отечественных и зарубежных экономических партнеров и т.д.) для решения проблем развития ТЭК региона Востока России на долгосрочную перспективу, имеющих общенациональное значение, где роль топливно-энергетических ресурсов Республики Саха (Якутия) – далее РС (Я) в энергетической кооперации

России и СВА АТР в текущем XXI столетии будет постоянно усиливаться. Социально-экономическое развитие РС (Я) все больше будет зависеть от степени ее участия в формировании межрегиональных и мировых энергетических рынков. Энергетическая безопасность и эффективность экономики республики целиком зависит от проведения рациональной энергетической политики в Сибири, на Дальнем Востоке и в России в целом, и, наоборот, «... стабильное и динамичное развитие Якутии имеет ключевое значение как для Дальневосточного округа, так и для всей России»<sup>2</sup>.

Главная цель разработки Энергетической стратегии ЭСРС-2030: на основе долгосрочных сценариев развития экономики и с учетом геостратегических интересов и обеспечения безопасности страны разработать сценарии развития ТЭК РС (Я), определить возможные и экономически достижимые условия добычи (производства) энергоресурсов на основе развития существующих и новых топливно-энергетических баз, а также обеспечить на этой основе условия для дальнейшего динамичного развития экономики и качественного повышения уровня жизни населения республики.

---

<sup>1</sup> Николай Александрович Петров – заведующий отделом проблем энергетики Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, д.т.н., профессор, e-mail: n.a.petrov@iptpn.ysn.ru

<sup>2</sup> Из выступления В.В. Путина на совещании по вопросам социально-экономического развития РС (Я). 6 января 2006 года.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

ЭСРС-2030 разработана на основе стратегических приоритетов (индикаторов) социально-экономического развития Республики Саха (Якутия), регионов Дальнего Востока и Забайкалья, с учетом требований энергетической безопасности и надежности энерго-, топливоснабжения потребителей Республики Саха (Якутия), концептуальных положений «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» и необходимости решения круга задач регионального, межрегионального и федерального уровней и обеспечения баланса интересов центра, субъектов РФ, Республики Саха (Якутия), энергетических компаний и т.д., с использованием основных положений разработанных и разрабатываемых программных документов, определяющих развитие экономики и ТЭК Республики Саха (Якутия), Дальнего Востока и Забайкалья [1].

Энергетическая стратегия ЭСРС-2030 утверждена Правительством РС (Я) от 29 октября 2009 г. № 441. Постановлением предусмотрено:

- всем министерствам и Государственному комитету по ценовой политике – Регио-

нальной энергетической комиссии РС (Я) руководствоваться приоритетами развития ТЭК республики и основными направлениями развития отраслей топливно-энергетического комплекса республики, изложенными в Стратегии;

- один раз в три года уточнять основные параметры Стратегии с учетом хода реализации инвестиционных проектов на территории Республики Саха (Якутия) и тенденций развития экономики страны, регионов Дальнего Востока и Восточной Сибири, а также взаимоотношений со странами АТР.

Достигнутый уровень и тенденции развития энергетического комплекса Севера в целом и отдельных ее регионов существенно зависят от их природно-климатических и социально-экономических условий, которые определяют и специфические особенности региональной энергетики (табл. 1).

До настоящего времени основные проблемы социально-экономического развития многих

Таблица 1

**Региональные особенности, влияющие на развитие энергетического комплекса регионов Севера [2]**

Природно-климатические	Социально-экономические	Энергетические
<ul style="list-style-type: none"> <li>• отдаленность от обжитой части страны;</li> <li>• обширность территории и разнообразие природных условий;</li> <li>• продолжительная (8-10 месяцев и суровая (до -60 °С более) зима;</li> <li>• повсеместное распространение вечной мерзлоты;</li> <li>• наличие разнообразных минерально-сырьевых ресурсов;</li> <li>• дискомфорт для проживания населения и осуществления им трудовой деятельности;</li> <li>• высокая ранимость и низкая самовосстановительная способность природной среды от воздействия техногенного фактора.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• низкий уровень хозяйственной освоенности и обжитости территории;</li> <li>• выборочность освоения ресурсов и очаговый характер развития;</li> <li>• преобладание в промышленности добывающих отраслей;</li> <li>• сложность транспортной схемы и продолжительность нахождения грузов в пути;</li> <li>• недостаточное развитие производственной и социальной инфраструктуры;</li> <li>• высокие затраты и продолжительность строительства;</li> <li>• большая неопределенность в развитии производительных сил;</li> <li>• высокие затраты на обустройство и адаптацию к условиям Севера привлекаемых трудовых ресурсов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• слабая изученность и неравномерное распределение по территории энергетических ресурсов, различная обеспеченность;</li> <li>• наличие особых мигрирующих и сезонных потребителей, обусловленное традиционным образом жизни коренных народов Севера, а также сезонностью транспортных и приисковых работ;</li> <li>• преобладание территорий с низкой концентрацией энергетических и тепловых нагрузок;</li> <li>• повышенные требования к надежности работы источников энергии, снабжающих теплом и электрической энергией;</li> <li>• сложность транспортной схемы топливоснабжения, связанная с дальностью расстояний и сезонностью транспортировки;</li> <li>• слабый охват высшими формами централизованного теплоэлектроэнергетического снабжения.</li> </ul>

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

районов Севера: низкий уровень освоения природно-ресурсной базы; недостаточный уровень развития транспортной инфраструктуры; высокие тарифы на энергоносители и транспорт; финансовая зависимость республики от федерального бюджета и ограниченность собственных инвестиционных ресурсов, обусловленные специфическими региональными особенностями, характеризуются иррационализмом и каждая для своего разрешения требует глубоких масштабных исследований. В связи с этим по инициативе руководства Республики Саха (Якутия)<sup>3</sup> в период с 2015 по 2020 гг. намечается проведение новых масштабных экспедиционных исследований РАН на территории Якутии со стратегической целью научного сопровождения комплексного развития РС (Я) как уникального региона – объекта государственной политики РФ в Арктической зоне и на Дальнем Востоке, направленное на развитие и реализацию человеческого потенциала в дискомфортных климатических условиях проживания, как региона нового развития [3, с. 3].

Уровень реализации стратегических приоритетов ЭСРС-2030 определяется тем, как в них

содержательно связаны прошлое, настоящее и создаваемые ими элементы будущего энергетики региона. Ход реализации Стратегии по этапам нужен не столько для того, чтобы сформировать картину достижения будущих целей, сколько для того, чтобы извлечь из его анализа информацию, полезную для выявления новых проблемных ситуаций, не предусмотренных действующей стратегией.

С учетом изложенного анализ хода реализации ЭСРС-2030 можно условно разделить на три этапа: первый – 2008-2015 гг., второй – 2016-2020 гг. и третий – 2021-2030 гг. Ниже рассматривается ход выполнения первого этапа ЭСРС-2030.

В табл. 2 приведена динамика основных показателей развития ТЭК РС (Я) в 1980-2013 гг., а на рис. 1 указанная динамика разделена на 4 десятилетних периода. При этом 4-й настоящий период охватывает первый (стартовый) этап реализации ЭСРС-2030.

В первом десятилетии (1980-1990 гг.), до смены российской государственности, наблюдались довольно высокие темпы прироста производства (добычи) (13,89%) и потребления (5,46%) ТЭР. Доминирующим в производстве энерго-

Таблица 2

**Основные показатели ТЭК РС(Я) за 1980-2013 гг.**

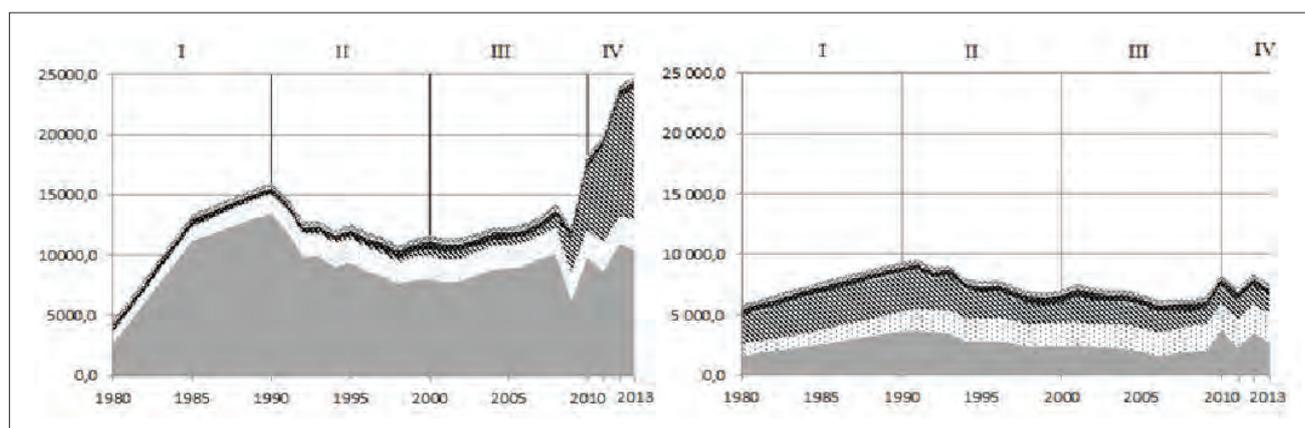
Показатели	Год				
	1980	1990	2000	2010	2013
<i>Электроэнергия</i>					
Установленная мощность электростанций, МВт	1444,8	2497,7	2290,5	2731,1	2813,8
Выработка, млн кВт·ч	4310,9	8478,5	7645	7344,9	8509,2
Получение извне, млн кВт·ч	231,1	324,7	168,9	148,7	162,0
Передача в другие регионы, млн кВт·ч	0	1558,0	996,6	896,3	1488,5
Потребление, млн кВт·ч	4083,3	6262,0	5977,1	5632,7	6256,0
Производство теплоэнергии, тыс. Гкал	379,0	19800,0	17803,4	14450,2	14412,8

<sup>3</sup> В 2015 г. исполняется 90 лет со дня начала работы Якутской комплексной экспедиции АН СССР (1925-1930 гг.), а в апреле 2014 года. Президентом РФ В.В. Путиным была поддержана инициатива Президента Республики Саха (Якутия) Е.А. Борисова о проведении с 2015 г. новых масштабных экспедиционных исследований территории Якутии с целью изучения ее экономического потенциала.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

Окончание табл. 2

Показатели	Год				
	1980	1990	2000	2010	2013
<i>Уголь, тыс. т</i>					
Добыча	3640,0	16949,0	10071,7	11094,0	11874,0
Ввоз	194,0	261,0	125	77,3	83,5
Вывоз,	1608,0	12410,0	7037	6773,4	8627,3
в т.ч. экспорт	н/д	7038,0	4467	4350,2	6125,1
Потребление	1682,0	4800,0	3159,7	4424,7	3228,4
Добыча природного газа, млн м <sup>3</sup>	739,0	1402,0	1620,9	1906,7	1998,9
Добыча нефти, тыс. т		41,0	344,9	3425,8	7552,2
Вывоз нефти			76,1	3200,5	7348,9
Добыча газового конденсата, тыс. т	2,0	66,7	74	91,7	0,0
Заготовка дров, тыс. т у.т.	568,0	410,0	640,1	544,6	544,0
Завоз нефтепродуктов, тыс. т	1625,0	2140,0	872	546,3	499,3
<i>Итого в условном исчислении, тыс. т у.т.</i>					
Производство ТЭР	4580,0	15983,0	11551,6	18121,1	24830,9
Ввоз ТЭР	2526,9	3338,0	1322,5	874,5	817,1
Вывоз ТЭР	1289,9	10182,0	5950,6	10591,0	18015,6
Потребление ТЭР	5817,0	9286,0	6923,6	8213,2	7384,6



а) б)  
**Рис. 1. Динамика и структура производства (а) и потребления (б) ТЭР Республики Саха (Якутия) в 1980-2013 гг.**

ресурсов был уголь, добываемый в основном в Южно-Якутском каменноугольном комплексе (ЮЯУК) созданном еще в 70-х годах XX в. на базе освоения Нерюнгринского месторождения

каменных углей. Максимальный объем добычи угля на Нерюнгринском разрезе был достигнут в 1989 г. – 14,9 млн т, что и обеспечило максимальный уровень производства и потребления

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

ТЭР в конце указанного периода. В потреблении энергоресурсов завозные нефтепродукты превосходили доли использования угля. Электроотопливоснабжение очагового развития промышленных узлов и сельской местности республики было ориентировано в основном на использование нефтепродуктов.

*Во втором десятилетии (1990-2000 гг.),* в начальный период переходной экономики, то есть в период перехода от централизованно планируемой и управляемой экономики к экономике рыночного типа, наблюдается заметный спад как в производстве (добыче), так и в потреблении ТЭР. Добыча угля в 2000 г. по сравнению с уровнем 1990 г. сократилась в 1,7 раза, ввоз (потребление) нефтепродуктов – в 2,4 раза. Добыча (потребление) природного газа незначительно, но растет. Добыча нефти в небольших объемах только началась.

*В третьем десятилетии (2000-2010 гг.),* период становления рыночной экономики страны, характеризующийся, прежде всего тем, что в конце десятилетия (в 2010 г.) достигнут и превзойден максимальный уровень производства (добычи) ТЭР, наблюдавшийся в республике в 1989 г. при значительном преобладании суммарного объема производства первичных энергоресурсов над их суммарным потреблением в 2,4 раза. А вывоз ТЭР за пределы республики увеличился по сравнению с уровнем 2000 г. в 1,84 раза. Рост производства (добычи) ТЭР мог быть более высоким, если бы не влияние мирового кризиса. Так, в 2009 г. в результате сокращения экспорта угля в страны СВА АТР в 2,3 раза, по сравнению с предыдущим годом, суммарный объем добычи угля в республике уменьшился в 1,76 раза. Но благодаря модернизации производства и техническому перевооружению в 2010 г. на Нерюнгринском разрезе добыто 8,64 млн т угля, что по сравнению с 2009 г. кризисным годом составило 165,4% и обеспечило высокий темп прироста суммарного производства ТЭР (4,55%) за рассматриваемое десятилетие.

Главное событие десятилетия – в декабре 2009 г. введен в эксплуатацию первый этап нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан – Тайшет – Сковородино (ВСТО-1) протяженностью 2,7 тыс. км. От Сковородино до специализи-

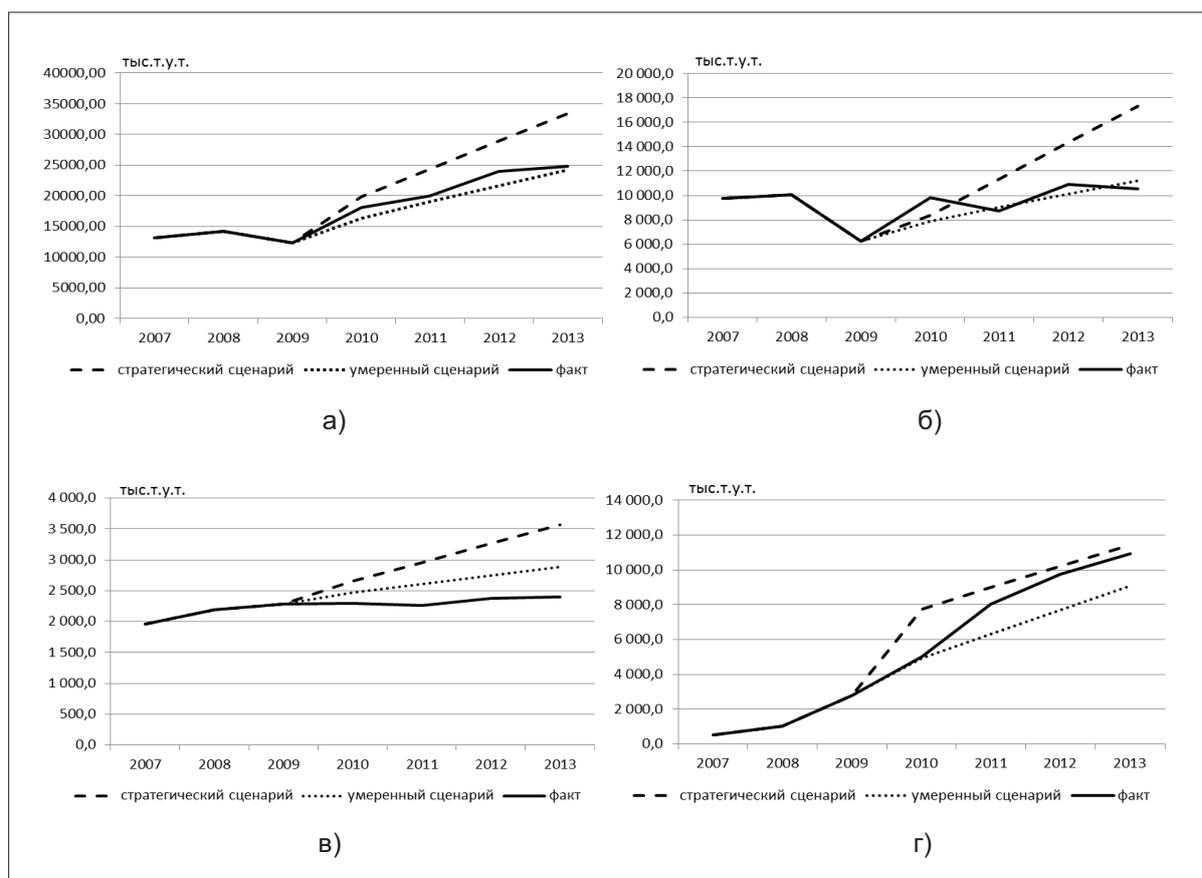
рованного морского нефтеналивного порта (СМНП) «Козьмино» нефть доставляется по железной дороге. В связи с вводом I этапа ВСТО в 2010 г. был обеспечен уровень добычи нефти в РС (Я) 3,45 млн тонн. Практически вся нефть, добываемая в республике, транспортируется по ВСТО. Начата масштабная газификация населенных пунктов РС (Я) с принятием государственной программы «Газификация населенных пунктов РС (Я) в 2002-2006 гг. и основные направления газификации до 2010 года» (табл. 3).

*В четвертом десятилетии (2011-2020 гг.)* завершается первый этап реализации ЭСРС-2030, основная цель которого – определить возможные и экономически достижимые условия добычи (производства) энергоресурсов, развития существующих и создание новых топливно-энергетических баз, обеспечивающих дальнейшее динамичное развитие республики и качественного повышения уровня жизни населения.

За время прошедшее с начала реализации ЭСРС-2030 добыча (производство) первичных энергоресурсов развивается в рамках основных прогнозных тенденций, заложенных в данной Стратегии (рис. 2). Заметное отклонение наблюдается в потреблении первичных энергоресурсов, электроэнергии и теплоэнергии внутри РС (Я) (рис. 3).

По итогам 2014 г. добыча нефти составила 8,7 млн т. Перспективы наращивания добычи нефти связаны с месторождениями, расположенными в относительной близости от трубопроводной системы ВСТО и к 2019 г. добыча нефти может возрасти до 14,5 млн тонн. Государственным балансом запасов полезных ископаемых на территории РС (Я) по состоянию на 01.01.2014 г. учитываются 34 месторождения нефти и газа с запасами по категории С1+С2 природного газа 2716 млрд м<sup>3</sup>, нефти – 546 млн тонн. Внутриреспубликанская газодобывающая система состоит из четырех локальных газотранспортных систем, функционирующих замкнуто, суммарной годовой добычей чуть более 2 млрд м<sup>3</sup> в год. Первый этап магистрального газопровода «Сила Сибири» планируются сдать в эксплуатацию в декабре 2018 года. Неблагоприятная конъюнктура мирового рынка угля, имевшая место в 2013 г., продолжается, также снизился спрос на уголь как со стороны металлургов, так

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ



**Рис. 2. Производство (добыча): а) – первичных ТЭР, б) – угля, в) – природного газа, г) – нефти и газового конденсата**

Таблица 3

### Реализация программы газификации Республики Саха (Якутия) в сравнении с Сахалинской областью

Республика Саха (Якутия)		Сахалинская область	
Газифицировано населенных пунктов, ед			
<b>2009 г.</b>	<b>2013 г.</b>	<b>2009 г.</b>	<b>2013 г.</b>
85	92	15	18
Протяженность газопроводов, км			
2000	2300	418	675
Магистральные газопроводы и газопроводы-отводы, км		Распределительные газопроводы, км	
900	1171	312	477
Межпоселковые и внутрепоселковые газовые сети, км		Гапроводы-отводы, межпоселковые сети, км	
1000	1104	106	198
Количество котельных, переведенных на газ, ед			
130	151 (по сост. на 2011 г.)	34	37
Газифицировано объектов, ед			
78 (объекты сельского хозяйства)	99 (объекты сельского хозяйства по сост. на 2011 г.)	119 (коммунально- бытовые предприятия)	н/д

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

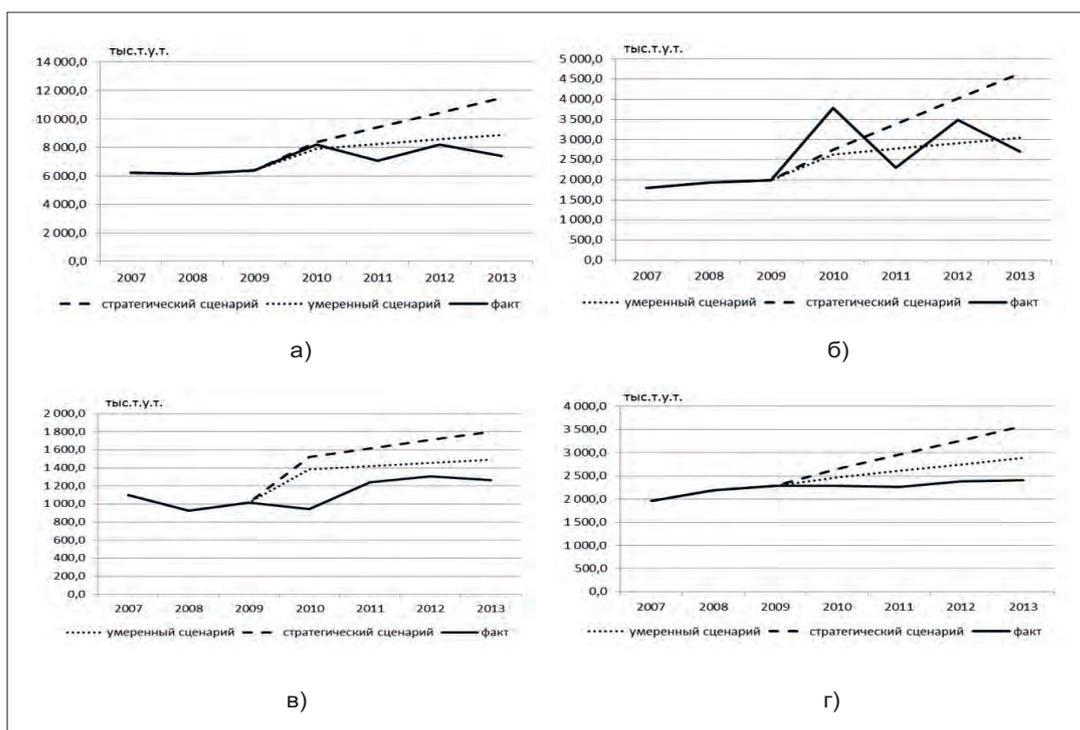


Рис. 3. Потребление: а) – первичных ТЭР, б) – угля, в) – нефтепродуктов, г) – природного газа

и со стороны энергетиков внутри страны. Объем добычи угля в республике в 2014 г. составил 12 млн т или 101% к 2013 году.

К концу 2014 г. процент освоения общего объема инвестиций, предусмотренного по стратегическому сценарию в 2008-2030 гг. составил 27%, в том числе в первом этапе (2008-2015 гг.) – 62%. Высокий уровень освоения инвестиций приходится на долю инвестиционных проектов нефтегазового комплекса и угольной промышленности, что связано с освоением Талаканского НГКМ, введенных в строй I (2009 г.) и II (2012 г.) очередей нефтепровода ВСТО, а также продолжением освоения Эльгинского месторождения открытой и шахтной добычи коксующихся углей ЮЯУК. Низкие показатели освоения инвестиционных проектов электроэнергетики связаны с отменой на неопределенный срок строительства экспортно ориентированных в Китай Канкунской ГЭС и Эльгинской КЭС на промпродуктах углеобогащения. В силу различных причин началось строительство предприятий нефтегазоперерабатывающей, газохимической и угольной (глубокой переработки) промышленности (табл. 4). К объективным причинам относится неконкурентоспособность региональных пред-

приятий или компаний на открытом свободном рынке (например, создание газохимического завода в Центральной Якутии), к субъективным причинам – необоснованный выбор размещения (Ленский НПЗ в Стратегии).

Как видно из рис. 4, масштабная динамика и структурные изменения в добыче (производстве) и потреблении первичных энергоресурсов в РС (Я) начались уже в 80-е годы XX века. После окончания спада в период перехода от централизованно планируемой и управляемой экономики к экономике рыночного типа, только в конце первого десятилетия XXI в. началось возрождение масштабного развития и структурного изменения ТЭК республики в рамках основных прогнозных тенденций, заложенных в ЭСРС-2030. Масштабно и высокими темпами будет развиваться добыча и транспорт углеводородных ресурсов.

Наряду с этим были разработаны или разрабатываются в настоящее время запланированные в ЭСРС-2030 программы и проекты, предусматривающее участие в их разработке научных учреждений:

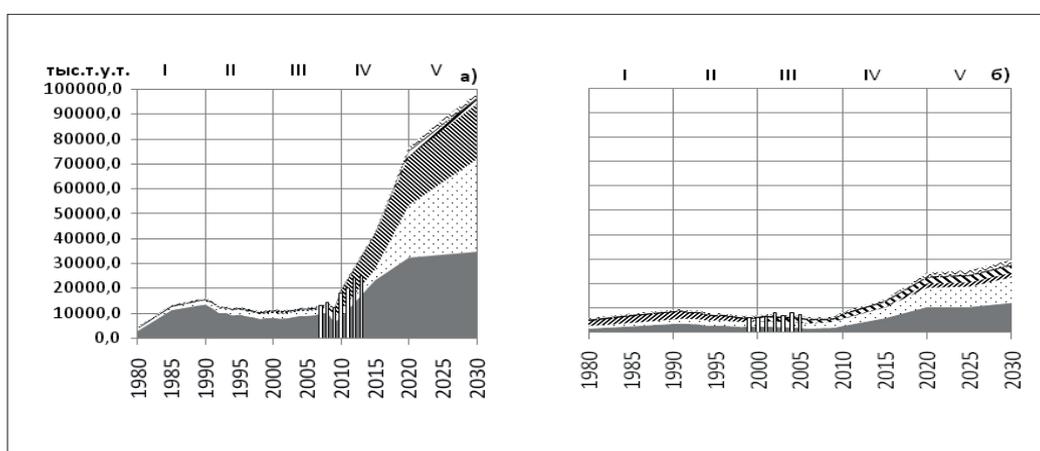
- в области электроэнергетики разработана «Схема и программа развития электростанций»

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

Таблица 4

**Реализация основных инвестиционных проектов ЭСРС-2030**

Наименование проекта	Сумма инвестиций, млрд руб.				
	Прогноз		2008-2014 гг. факт.:	В % к	
	2008-2030 гг.	2008-2015 гг.		2008-2030 гг.	2008-2015 гг.
ТЭК, всего:	1877	831	513	27	62
<i>Нефтегазовый комплекс:</i>	969	501	392	40	78
освоение Чаюдинского НГКМ	165	–	8	5	–
газопровод Чаюнда – Хабаровск	272	–	–	–	–
освоение Талаканского НГКМ	128	–	117	91	–
нефтепровод ВСТО	162	–	160	99	–
ГПЗ в Ленске	58	–	–	–	–
Алданский завод СМТ	17	–	–	–	–
газохимический комплекс в Ленске	106	–	–	–	–
строительство НПЗ в Ленске	19	–	–	–	–
расширение ЯГПЗ	4,1	–	0,01	–	–
газификация населенных пунктов	20	–	7	35	–
<i>Угольная промышленность:</i>	103	60	73	71	122
освоение Эльгинского месторождения	72	–	69	96	–
шахты ООО УК «Колмар» и ООО «Эрчим-Тхан»	31	–	4	13	–
<i>Электроэнергетика:</i>	714	232	45	6	19
электрические станции (КЭС, ГЭС)	384	–	8	2	–
электрические сети	269	–	35	13	–
малая энергетика	61	–	2	3	–
<i>Добыча и переработка урановой руды</i>	91	38	3	3	8



**Рис. 4. Динамика и структура производства (а) и потребления (б) ТЭР Республики Саха (Якутия) в 1980-2014 гг. и тенденции в 2015-2030 гг. (стратегический сценарий)**

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

троэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2014-2018 гг.»;

- в области *развития теплового хозяйства*: разработаны и разрабатываются схемы развития систем теплоснабжения городов и населенных пунктов Республики Саха (Якутия);
- в *нефтегазовом комплексе*: мероприятия по обеспечению реализации программы газификации населенных пунктов республики;
- в области *малой энергетики*: мероприятия по развитию малой энергетики на базе возобновляемых источников энергии;
- в *угольной промышленности*: разрабатывается НИР «Экспериментальные исследования и разработка технико-экономического предложения по обогащению углей Кангаласского месторождения», разработана НИР «Экспериментальный анализ потерь угля на стадиях хранения, доставки и использования (на примере Джебарики-Хаинского месторождения каменного угля) и др.

Изложенный краткий анализ о ходе реализации ЭСРС-2030 позволил выявить следующее:

1. Главная проблема энергетики Севера, да и России в целом – это низкая экономическая эффективность потребления энергии. В плане оценки этой проблемы, на мой взгляд, уместно привести слова Р. Андерсона (Всемирный банк): «Суть экономической эффективности потребления понимают (в России – прим. автора), вероятно хуже, чем суть эффективности производства» [4, с. 1-4]. Наверно, так и есть. Во всех разработанных стратегиях России, включая проект ЭС-2035, и региональных, включая и ЭСРС-2030, главным назначением стратегий является совершенствование производства энергии, то есть развития ТЭК. Как утверждает академик Б.Н. Кузык: «Мир идет, приближается, работает над шестым технологическим укладом. Россия находится сегодня в основном в четвертом, в третьем и немного в пятом технологическом укладе, на первых этапах этого уклада» [5]. В качестве основы шестого уклада, в котором находятся сегодня США, будут выступать одновременно нанотехнологии, биотехнологии, информационно-коммуникационные технологии,

технологии новых материалов. Названные факторы могут уменьшить удельное энергопотребление в 2,5 раза по сравнению с современным уровнем, повысить производительность труда на 30% и т.д. Например, в штате Калифорния за последние 35 лет потребление электроэнергии на одного человека остается на одном уровне, благодаря введению жестких стандартов строительства зданий и электроприборов и существованию программ повышения энергоэффективности и т.д. [6].

2. Нарушение одного из основных исходных принципов региональной энергетической политики региона Севера: предпочтительными объектами нового освоения должны быть только такие объекты, потребность в продукции которых не может быть удовлетворена за счет других регионов [2]. Данный принцип совпадает по смыслу критерию жизнеспособности предприятия, практикуемого в Китае: жизнеспособность предприятия – это возможность нормально управляемого предприятия получать приемлемую нормальную прибыль на открытом свободном и конкурентном рынке без внешней поддержки и покровительства. Словосочетание «нормальное управляемое» означает, что в деятельности этого предприятия и управления им нет серьезных проблем. Нормальная прибыль – это средняя прибыль, приемлемая с точки зрения рынка. Определение «открытый» применительно к рынку означает, что национальный рынок связан с зарубежными. Под словом «свободный» в данном случае понимается наличие беспрепятственного доступа на рынок. Наконец, понятие «конкурентный» означает отсутствие на рынке монополий [7]. Характерным примером нарушения указанных принципов (критериев) можно привести высказывание участника круглого стола «Экономическая политика: нужны грамотные расчеты и четкие ориентиры», д.э.н. Н.А. Кравченко: «Среди поддерживаемых государством (в лице «Роснано») проектов крупные сибирские – это высокотехнологичный комплекс по производству поликристаллического кремния и силана (г. Усолье-Сибирское) и новосибирское предприятие «Лиотех» по выпуску литий-ионных аккумуляторов. Оба проекта в настоящий момент мертвы. Причина, на мой взгляд, в том, что государство диктует, что надо

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

производить, а рынку эта продукция не нужна. Внутренний рынок к этим высокотехнологичным продуктам не готов» [8, с. 36-62].

3. Техногенное воздействие ТЭК Республики Саха (Якутия) на природную среду в ближайшие десятилетия связано с реализацией крупнейших энергетических проектов по освоению месторождений углеводородов Западной Якутии и каменного угля Южной Якутии, а также со строительством новых электростанций, линий электропередачи и наращиванием мощностей генерации электроэнергии по государственному заказу. При этом на сегодняшний день предприятия ТЭК уже вносят значительный вклад в формирование экологической обстановки республики, состоящий до 80% от суммарных выбросов в атмосферу, до 35% от суммарных выбросов в водные объекты и до 60% от отходов производства и потребления.

Экстенсивное развитие добычи углеводородов и угля также связано с экологическими рисками залпового загрязнения земельных и водных ресурсов неочищенными стоками и нефтепродуктами. По данным Росприроднадзора известно, что в Ханты-Мансийском автономном округе на нефтепромыслах ТНК-ВР только в 2011 г. произошло 784 аварии, сопровождавшихся разливом нефтепродуктов, в связи с чем по бассейнам рек Обь и Енисей в Северный Ледовитый океан попадает от 300 до 500 тыс. т нефтепродуктов ежегодно. В среднесрочной перспективе данная проблема может постепенно стать злободневной на территории Западной Якутии.

Своевременное решение экологических вызовов при развитии ТЭК республики всецело при-

надлежит интегрированным усилиям бизнеса, науки, общественности, региональных и федеральных органов власти.

4. Для корректировки Энергетической стратегии Республики Саха (Якутия) необходимо, как и в Национальной Энергетической стратегии США, предусмотреть действия по использованию достижений научно-технического прогресса. Действия, предусмотренные соответствующей стратегией относительно науки, технических исследований, научно-исследовательских работ и проектно-конструкторских работ должны быть детально изложены в соответствующих разделах Стратегии. Успешное выполнение и претворение в жизнь подобных действий позволит сбалансировать цели в области энергетики, охраны окружающей среды и экономики [9, 10, 11].

Высшее образование должно играть центральную роль в усилиях, направленных на реализацию Стратегии. При этом использование математических концепций должно иметь первостепенное значение для повышения качества кадрового потенциала республики.

Таким образом, скорректированная Энергетическая стратегия РС(Я) должна обеспечить адаптацию ЭСРС-2030 к реалиям развития экономики и энергетики Восточной Сибири и Дальнего Востока, и России в целом. Она должна закладывать основу для более эффективной, менее уязвимой и более чистой энергетики будущего. При этом необходимо учитывать положительный опыт США, Западной Европы, Китая, а также все то, на чем СССР развивался и стал сверхдержавой, то есть смотреть на прошлое и настоящее с высоты целей будущего.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года. Якутск-Иркутск: Якутия, 2010. 328 с.
2. Петров Н.А. Научно-методические основы и практика формирования стратегий развития энергетики регионов Севера (на примере Якутии). Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук в форме научного доклада. Иркутск, 1996.
3. Якутия – регион нового развития // Наука в Сибири, № 22 (2957). 05.06.2014. С. 3.
4. Андерсон Р.Э. Цели реформы электроэнергетической отрасли // Вестник ФЭК России. 1998. № 4. С. 1-4.
5. Кузык Б.Н. Инновационное развитие России: сценарный подход / Материалы Общего собрания РАН от 16 декабря 2008 года.
6. Розенфельд А. Про ветер, белые крыши и то, как сэкономить триллион долларов // Голос Америки. 16.06.2011.
7. Йифу Л.Д. Демистификация китайской экономики. М.: Мысль, 2013. 384 с.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

8. Круглый стол «Экономическая политика: нужны грамотные расчеты и четкие ориентиры» // ЭКО. 2014, № 12. С. 36-62.

9. Корнеев А.В. Американская стратегия и тактика развития топливно-энергетического комплекса: состояние и перспективы / Материалы открытого семинара «Экономика энергетики» (семинар А.С. Некрасова), 147-е заседание, 25 марта 2014 года.

10. Национальная энергетическая стратегия США // Экономика и хозрасчет предприятий топливно-энергетического комплекса. М. Вып. 5, 1991.

11. Дмитриев С.С. Энергетическая стратегия Б. Обамы: опора на инновации и технологическое лидерство. М.: ИМЭМО РАН, 2014. 162 с.

Поступила в редакцию  
17.06.2015 г.

**N. Petrov<sup>4</sup>**

### **THE PROGRESS AND THE NEED FOR CORRECTION OF ENERGY STRATEGY OF SAKHA (YAKUTIA) FROM THE POINT OF VIEW OF THE FUTURE**

The paper analyses the main steps of the Sakha (Yakutia) energy sector development since 1980, and gives the forecast to 2030. The paper analyses the first step of the realization of the Sakha (Yakutia) Energy strategy. The author presents the research of the features of the realization and justifies the necessity of the restructuration and correction of the Sakha (Yakutia) Energy strategy, gives the main priorities of the Sakha (Yakutia) energy sector development up to 2030.

*Keywords:* energy policy, energy strategy, large energy projects, oil and gas sector, coal production, power sector, Far East.

---

<sup>4</sup> NikolayA. Petrov – Head of Energy Issues Departments of Institute of physical and technical issues of the North named after V. Larionov SB RAS, Doctor of Engineering, Professor, *e-mail:* n.a.petrov@iptpn.ysn.ru

УДК 338.24.021.8:621.31

**А.И. Соляник<sup>1</sup>**

## **ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ПОСЛЕ ДЕРЕГУЛИРОВАНИЯ: РОССИЙСКИЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ**

В статье показано несовершенство созданных в результате либерализации отечественной электроэнергетики механизмов управления ее развитием в новых экономических условиях. В статье отмечены основные недостатки действующей модели оптового рынка электроэнергии и мощности Российской Федерации. Автором показано, что задача создания эффективной системы управления развитием электроэнергетики посредством конкурентных механизмов в полной мере не решена и в мировой практике.

*Ключевые слова:* инвестиционная деятельность, управление развитием электроэнергетики, общественная эффективность, дерегулирование электроэнергетики, конкурентные рынки электроэнергии, инвестиционные стимулы.

Электронергетика – важнейшая инфраструктурная отрасль, продукция которой является критически важной для нормального функционирования прочих отраслей экономики и социальной сферы. Это выдвигает особые требования к надежности и экономичности энергоснабжения и, в частности, делает необходимым создание специальных механизмов управления развитием отрасли. Ввиду указанных обстоятельств, на протяжении большей части XX в. доминирующей формой организации хозяйственных отношений в электроэнергетике большинства стран мира была вертикальная интеграция отраслевых производственных подразделений в рамках единой компании-монополиста, ответственной за энергоснабжение потребителей на определенной территории или даже в пределах всей страны при жестком тарифном, а зачастую и имущественном контроле со стороны государства. Основным инструментом обеспечения общественной эффективности развития отрасли в условиях вертикальной интеграции было централизованное планирование, опиравшееся на развитый методический и модельный инструментарий [6, 7, 16 и др.]. Такой способ организации хозяйственных отношений в отрасли позволял на протяжении нескольких десятилетий обеспечивать надежное удовлетворение растущей потребности национальных экономик в электроэнергии, по возможности сдерживая рост ее стоимости. В то же время

многочисленной практикой централизованного управления отраслью был выявлен ряд недостатков такого подхода. Главным среди них была незаинтересованность вертикально интегрированных энергокомпаний во внедрении передовых технико-технологических решений, отсутствие стимулов к снижению эксплуатационных издержек и удельных капиталовложений. За рубежом к началу 1980-х гг. обострилась и проблема переинвестирования, выразившаяся в опережающем росте генерирующих и сетевых мощностей по отношению к потребности в них. В развивающихся странах с быстро растущей экономикой основной проблемой были ограниченные возможности государственного финансирования электроэнергетики, что требовало привлечения в отрасль частных инвестиций [1, с. 9-10]. Эти проблемы годами подтачивали фундамент традиционной для отрасли организационно-управленческой системы, и в конечном счете вынудили ряд стран осуществить либерализацию электроэнергетики, перейти от централизованного планирования и регулирования к свободному рыночному ценообразованию на продукцию отрасли с конкуренцией в сферах генерации и сбыта электроэнергии.

Несколько позже, на рубеже 1990-2000-х гг., с проблемами старения производственных фондов отрасли и острой нехватки инвестиций для их расширенной модернизации столкнулась и Россия. Следует отметить, что разработка кон-

---

<sup>1</sup> Андрей Игоревич Соляник – инженер-исследователь Института энергетических исследований РАН, аспирант Государственного университета управления, e-mail: andsolyanik@yandex.ru.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

цепции реформирования отечественной электроэнергетики осуществлялась в контексте нарастающего износа производственных мощностей и высоких темпов роста электропотребления (порядка 5% в среднем за 2000-2008 гг.). Отчетливо проявлялась угроза появления дефицита мощности в энергосистеме страны, что стало бы сильным ударом практически по всем сегментам российской экономики. Как следствие – разработка концепции дерегулирования отечественной электроэнергетики осуществлялась спешно и без глубокого научного обоснования, что неизбежно приводило к «неожиданным» для реформаторов негативным эффектам и влекло за собой частые пересмотры ранее предложенных ими же правил игры. В частности, провалился вариант с организацией в рамках прежнего регулируемого федерального оптового рынка электроэнергии и мощности (ФОРЭМ) так называемого Сектора свободной торговли (ССТ) с оборотом порядка 5-15% совокупной выработки электроэнергии в европейской части страны. Организаторами рынка задумывалось, что данный сектор будет со временем привлекать все больше участников и тем самым процесс либерализации отрасли будет проходить естественным путем. Однако не была учтена возможность потребителей выбирать между покупкой электроэнергии по регулируемым ценам и покупкой по свободным ценам на ССТ, что в условиях малой доли последнего привело к формированию на нем устойчиво низких цен – ниже уровня регулируемых тарифов [9]. В сентябре 2006 г. ССТ был упразднен, а альтернативный вариант дерегулирования рынка предполагал принудительное (предусмотренное законодательством) сокращение объема торгов электроэнергией по регулируемым ценам с соответствующим повышением доли продаж по конкурентной цене. Для этого в 2007 г. был запущен рынок на сутки вперед (РСВ) с маржинальным ценообразованием по заявкам производителей и потребителей на предстоящие сутки. Параллельно в несколько этапов была осуществлена и либерализация торговли мощностью, однако созданный механизм централизованного конкурентного отбора мощности (КОМ) предусматривает проведение конкурса заявок лишь на год вперед, что явно недостаточно для обо-

снованного принятия инвесторами решений о строительстве новых объектов генерации (даже наименее капиталоемких). Переход к долгосрочному рынку мощности, хотя и предусматривается в качестве целевой модели рынка [8], неоднократно откладывался. Для привлечения инвестиций в создание новых генерирующих мощностей регулятор рынка был вынужден в индивидуальном порядке заключать с крупнейшими генераторами так называемые договоры о поставке мощности (ДПМ). Данный механизм предполагает гарантированный возврат капиталовложений и значительной части постоянных эксплуатационных затрат, а также доходность 14% в течение первых 10-ти лет эксплуатации построенного объекта. Для новых атомных и гидроэлектростанций заключаются аналогичные контракты, но на 20 лет. По существу, использование подобного административного механизма противоречит изначальной целевой модели рынка, предполагавшей, что инвестирование должно осуществляться посредством конкурентных, а не тарифных рычагов. Дополнительным недостатком механизма ДПМ является недостаточное обоснование состава вводов. Проекты отбирались регулятором рынка на основе предложений самих генераторов, при этом не в полной мере была учтена их балансовая необходимость. Существенно завышенным оказался и прогноз динамики спроса. В частности, как показало время, более рациональной стала бы ориентация программы ДПМ на модернизацию действующих мощностей, а не на строительство новых [3, 4].

В результате за последние 5-6 лет свыше 90% новых вводов обеспечивается за счет нерыночного механизма ДПМ (или аналогичных ему соглашений о вводе новых объектов атомной и гидрогенерации), причем ригидность данного механизма не позволила оперативно отреагировать на снижение темпов роста электропотребления внутри страны, что привело к накоплению значительного избытка мощностей в энергосистеме. При этом проблема высокого износа большинства генерирующих объектов сохраняется, а механизмов, позволяющих обеспечить рентабельность проектов по модернизации/реконструкции таких мощностей, по-прежнему нет. Конкурентные механизмы торговли (спото-

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

вый рынок «на сутки вперед» и годовой КОМ) не продуцируют сигналы для инвесторов в силу как своей краткосрочности, так и недостаточно высокой цены (вследствие административного регулирования – применения в большинстве зон рынка предельных цен мощности, отобранной на КОМ). По расчетам ИНЭИ РАН, для обеспечения окупаемости проектов по модернизации ТЭС в европейской части страны необходимо увеличение предельных цен КОМа как минимум в 1,5-2 раза, а в Сибири – в 2,53 раза [11]. В сетевом комплексе после перехода в 2009 г. на долгосрочное тарифное регулирование по методу гарантированной доходности на вложенный капитал (RAB-регулирование) наблюдалось переинвестирование, сопровождавшееся мощным ростом сетевого тарифа. В результате сетевая компонента конечной цены электроэнергии достигла 40-50% в среднем по энергосистеме России, а сама цена для промышленных потребителей сравнялась с ценой для промышленности США [10]. Рост затрат крупных и средних промышленных потребителей на централизованное энергоснабжение стимулировал их переориентацию на развитие собственной генерации [3, 5 и др.], что в свою очередь неизбежно приведет к дальнейшему удорожанию стоимости централизованного энергоснабжения для оставшихся групп потребителей.

Несмотря на то, что сложившаяся к настоящему времени система ценовых механизмов привела к кратному росту цен, особенно для промышленных потребителей, эффект от этого получили далеко не все субъекты отрасли. Проведенный в [2] анализ финансовой отчетности российских генерирующих компаний показал, что в отрасли наблюдаются огромные разрывы по рентабельности и долговой нагрузке: прежде всего между тепловой генерацией и прочими сегментами отрасли, а также между ОГК и мелкими ТГК. Таким образом, в настоящее время рынок не обеспечивает ни фундаментального баланса между интересами потребителей и производителей, ни сопоставимых условий для развития бизнеса разным сегментам генерации. Результаты инвестиционной деятельности также противоречивы: несмотря на значительный объем вводов мощности по административным механизмам, в целом задача глубокой модерни-

зации производственной базы электроэнергетики остается нерешенной.

Следует отметить, что окончательное решение проблемы формирования эффективной системы управления долгосрочным развитием электроэнергетики в конкурентных условиях не достигнуто и в зарубежных странах, в разное время осуществивших дерегулирование отрасли.

К настоящему времени в мировой практике сложились следующие формы организации конкурентного оптового рынка электроэнергии:

1) однопродуктовый рынок (рынок электроэнергии, energy-only market):

а) спотовый рынок электроэнергии без дополнительных механизмов оплаты мощности (Скандинавские страны, Австралия, штат Техас и др.);

б) рынок долгосрочных двусторонних контрактов на поставку электроэнергии, при этом в контракте предусматривается и оплата мощностной компоненты (Великобритания с 2001 г., этот механизм предусмотрен и в некоторых других энергосистемах (Nord Pool, ряд пулов США) в качестве альтернативы купле-продаже через централизованный спотовый рынок);

2) двухпродуктовый рынок (рынок электроэнергии плюс рынок мощности):

а) спотовый рынок электроэнергии с административно регулируемой надбавкой за мощность (Аргентина, Чили, Южная Корея, Испания и др.);

б) рынок электроэнергии плюс механизм краткосрочных двусторонних договоров купли-продажи мощности (Юго-Западный энергетический пул США);

в) рынок электроэнергии плюс краткосрочный централизованный рынок мощности (штат Нью-Йорк, энергосистема Среднего Запада США и др.);

г) рынок электроэнергии плюс долгосрочный централизованный рынок мощности (рынки PJM и ISO-NE на Северо-Востоке США).

Как показывает опыт, во всех странах в первые годы либерализации имела место определенная идеализация конкурентного рынка. Декларировалась его самодостаточность, принципиальная способность самостоятельно реализовывать те функции, которые ранее выполняло централизованное планирование и регулирова-

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

ние. Однако реальный опыт работы различных модификаций конкурентных рынков выявил их существенные недостатки, одним из которых является недостаточность и несвоевременность ценовых сигналов для осуществления инвестиций в новые генерирующие и сетевые мощности. Данный недостаток особенно ярко проявляется в тех странах, где главным механизмом торговли является спотовый рынок. Особенность данного механизма заключается в том, что торговый график на нем формируется за сутки до реальной поставки электроэнергии; По замыслу разработчиков концепции спотовых рынков электроэнергии, наиболее эффективные генераторы в такой модели возмещают свои постоянные затраты (мощностную компоненту) и получают некоторую прибыль за счет маржи между рыночной ценой электроэнергии и собственными топливными затратами [14]. Считалось, что получение такой маржи будет достаточным стимулом для инвестирования в новые высокоэффективные мощности. Однако на практике оказалось, что спотовые рынки неудовлетворительно справляются с задачей обеспечения долгосрочного развития генерирующих мощностей, адекватного спросу, поскольку производят ценовые сигналы для инвесторов с большим запаздыванием (по сравнению с длительностью строительства новых генерирующих и сетевых мощностей). В работах [1, 15, 19 и др.] показано, что при низких ценах на спотовом рынке строительство новых электростанций прекращается вовсе (и не возобновляется вплоть до появления острого дефицита мощности в энергосистеме), а при относительно высоких ценах строятся лишь наименее капиталоемкие объекты (то есть исключительно ГТУ и ПГУ и притом лишь при достаточно низкой цене на газ). Более того, в Англии, США и Австралии отмечено периодическое переинвестирование в строительство ПГУ. Иными словами, процесс инвестирования в новую генерацию посредством спотового рынка осуществляется крайне неустойчиво, что влечет за собой то острый дефицит мощности, то значительный переизбыток ее резервов. К сказанному следует добавить резкое сокращение строительства межсистемных и межгосударственных электрических связей в условиях утраты организационно-экономического единства

сегментов генерации и передачи электроэнергии [1]. Действительно, в новых хозяйственных условиях становится неочевидным, в какой мере разные генерирующие компании (получающие определенный экономический эффект от развития энергосистемы в целом) должны участвовать в финансировании проектов по развитию сетевого комплекса.

При дополнении спотового рынка электроэнергии фиксированной платой за мощность или даже краткосрочным рынком мощности ситуация принципиально не меняется, поскольку и в этом случае потенциальные инвесторы не могут заблаговременно получать достаточные для принятия стратегических решений сигналы (ценовые и спросовые). Те же недостатки присущи и механизмам торговли на основе прямых контрактов между производителем и потребителем, в случае если эти контракты носят краткосрочный характер.

Определенные надежды по преодолению указанной проблемы в настоящее время связываются с организацией централизованного долгосрочного рынка мощности (как это сделано в рынках PJM и ISO-NE, США) или системы долгосрочных двусторонних контрактов (как в Великобритании и некоторых других странах). Однако по своему устройству эти рыночные механизмы значительно сложнее спотовых. В частности, применительно к централизованным долгосрочным рынкам мощности дискусионными являются вопросы о заблаговременности проведения торгов (на 3, 5 или более лет вперед), территориальном разрезе, раздельном или совместном ценообразовании для действующих и новых мощностей и т.д. На североамериканских рынках PJM и ISO-NE отбор мощности проводится с заблаговременностью 3 года, что недостаточно для принятия инвестиционных решений о сооружении объектов атомной и гидрогенерации. Более того, согласно [17, с. 145], в структуре генерирующих мощностей, представленных на рынке PJM, в силу относительно низкой цены электроэнергии и мощности наблюдается значительный перекоп в сторону газовой генерации. Значительную часть угольных электростанций региона (до 7,9 ГВт) к середине 2015 г. планируется вывести из эксплуатации ввиду неэффективности. Имеют место

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

---

проблемы при согласовании планов развития генерирующих мощностей, разрабатываемых генераторами по результатам конкурентного отбора заявок на три года вперед, с решениями сетевой компании о развитии магистральных сетей. Кроме того, при проектировании долгосрочного рынка мощности следует принимать во внимание риски двойного маржинального ценообразования и сверхдоходов для действующих мощностей (а значит, необоснованных расходов для потребителей). Система долгосрочных двусторонних контрактов также требует «тонкой настройки» (определения срочности договоров, способов страхования возможных нарушений балансовой надежности, механизмов снижения рисков дискриминационного ценообразования, механизма распределения инвестиционной компоненты между потребителями и др.). Например, в Великобритании так и не была запущена биржа для публичного заключения стандартизированных договоров: напротив, такие договора носят конфиденциальный характер, что не позволяет покупателям и продавцам аккумулировать необходимые ценовые сигналы в целом по энергосистеме и создает немало других проблем [18].

Вместе с тем именно переход к указанным долгосрочным конкурентным механизмам лежит в основе большинства предложений по реформированию отечественного рынка электроэнергии и мощности. Ниже представлен перечень наиболее обсуждаемых альтернативных подходов в части изменения сложившейся в России модели рынка:

а) замена краткосрочного рынка мощности долгосрочным (по образцу североамериканских рынков), при этом возможно как единое, так и раздельное ценообразование для действующих и новых мощностей [3, 13];

б) закрепление на постоянной основе механизма ДПМ как основного инструмента привлечения инвестиций в генерацию с гарантией их окупаемости и доходности [13] – в этом случае сохраняется большинство существующих механизмов рынка, а формат ДПМ распространяется не только на строительство новых объектов, но и на проекты модернизации действующей мощности;

в) замена краткосрочного централизованного рынка мощности системой прямых двусто-

ронных контрактов на поставку мощности при сохранении спотового рынка электроэнергии;

г) переход к однопродуктовой модели рынка (например, к системе двусторонних контрактов на поставку электроэнергии и мощности) [13];

д) возврат к модели рынка с единым закупщиком и регулируемым ценообразованием (фактически – модификация прежнего ФОРЭМ, функционировавшего в 1992-2003 гг.) – данный вариант представляется нерациональным, поскольку потребуются компенсация убытков генерирующих компаний от отмены свободного ценообразования на продукцию отрасли, в то же время ряд специалистов поддерживает именно этот вариант [1, 12].

Очевидно, что проектирование конкурентного рынка на основе долгосрочных механизмов торговли представляет собой весьма сложную задачу и требует комплексного экономического обоснования, количественной оценки последствий реализации каждого из предлагаемых вариантов. В частности, представляется важным обеспечить при проектировании рынка учет интересов отраслевых субъектов (энергокомпаний), поскольку в конкурентной среде именно они являются активными игроками: самостоятельно принимают инвестиционные решения и несут соответствующие финансовые риски.

Таким образом, анализ более чем 6-летнего опыта работы оптового рынка электроэнергии и мощности в России показал его неудовлетворительность по целому ряду критериев: отсутствие долгосрочных конкурентных механизмов, обеспечивающих коммерческую эффективность инвестиций в отрасль; нерациональность государственного регулирования рынка (волюнтаризм при установлении правил игры), что дополнительно снижает привлекательность отрасли для инвесторов; кратный рост конечной цены электроэнергии и тепла для потребителей; плачевное финансовое состояние мелких ТГК на фоне сверхприбылей атомной и гидрогенерации. В связи с этим очевидной становится необходимость совершенствования российского оптового рынка электроэнергии и мощности. Однако зарубежный опыт пока не позволяет дать четкие рекомендации по вопросу о том, какой же вариант организации рынка является предпочтительным. Ясно лишь, что выбирать придется из трех альтернатив:

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ

а) переход к долгосрочному рынку мощности (в той или иной модификации);

б) переход к однопродуктовому рынку, основанному на системе прямых двусторонних контрактов поставщиков и потребителей электроэнергии;

в) закрепление на постоянной основе механизма ДПМ с его распространением на проекты модернизации действующих мощностей.

Окончательное решение о выборе пути реформирования системы управления развитием

электроэнергетики в рыночных условиях должно основываться на результатах количественной модельной оценки с учетом как общественных интересов, так и бизнес-интересов самих энергокомпаний. Невыполнение этого условия грозит стране очередным неудачным выбором модели конкурентного рынка электроэнергии с соответствующими негативными эффектами как для самой отрасли и ее субъектов, так и для экономики России в целом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Л.С. *Проблемы электроэнергетического рынка*. – Новосибирск: Наука, 2009. – 296 с.

2. Веселов Ф.В., Соляник А.И. *Изменение экономической и финансовой ситуации в секторе генерации после его реформирования. Итоги первой пятилетки // ЭнергоРынок*. – 2013. – № 9. – С. 18-22.

3. Веселов Ф.В., Соляник А.И. *Состояние и перспективы инвестиционной деятельности в постреформенной электроэнергетике // Известия Академии наук. Энергетика*. – 2015. – №1. – С. 105-112.

4. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е. *Уроки реформы в электроэнергетике: иллюзии, просчеты, перспективы // Вопросы экономики*. – 2013. – № 12. – С. 109-122.

5. Любимова Н.Г. *Децентрализованное теплоснабжение – путь к энергосбережению // Вестник Университета (Государственный университет управления)*. – 2012. – № 5. – С. 129-133.

6. Макаров А.А., Мелентьев Л.А. *Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства*. – Новосибирск: Наука, 1973. – 376 с.

7. *Математические модели для оптимизации развития электроэнергетических систем / под ред. Л.А. Мелентьева – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1971. – 140 с.*

8. *Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам организации функционирования*

*оптового рынка электрической энергии и мощности / Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 1172.*

9. *Официальный сайт РАО «ЕЭС России»*. URL: [http://www.rao-ees.ru/ru/news/gazeta/164\\_165-2004/show.cgi?itog.htm](http://www.rao-ees.ru/ru/news/gazeta/164_165-2004/show.cgi?itog.htm).

10. *О функционировании и развитии электроэнергетики Российской Федерации в 2012 г. Ежегодный публичный информационно-аналитический доклад / Минэнерго РФ и др.* – М., 2013.

11. *Оценка последствий консервативной модели рынка электроэнергии и мощности при сохранении централизованных механизмов отбора и оплаты мощности / Отчет ИНЭИ РАН*. – М.: ИНЭИ РАН, 2013. – 230 с.

12. Шурупов В. *Недостатки оптового рынка электроэнергии и анализ причин изменения цен // ЭнергоРынок*. – 2014. – № 1. – С. 112-119.

13. *Энергетический портал «Моя энергия». Реформа рынка электроэнергии России: выбор есть. Интервью с А.В. Новаком*. URL: <http://www.myenergy.ru/russia/experts/experts/reforma-ehnergorynkarossii-kakoi-variant-vybrat/>

14. Hunt S., Shuttleworth G. *Competition and Choice in Electricity*. – Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1996. – 237 p.

15. Joskow P.L. *Lessons Learned from Electricity Market Liberalization // The Energy Journal*. – 2008, Special Issue. – P. 9-42.

16. Kahn E. *Electric Utility Planning and Regulation*. – 2nd ed. – Washington: ACEEE Press, 1991. – 352 p.

17. *PJM state of the market 2014: annual report.*  
URL: [http://www.monitoringanalytics.com/reports/  
PJM\\_State\\_of\\_the\\_Market/2014.shtml](http://www.monitoringanalytics.com/reports/PJM_State_of_the_Market/2014.shtml)

18. *Pollitt M.G., Haney A.B. Dismantling a  
Competitive Electricity Sector: The U.K.'s Electricity  
Market Reform // The Electricity Journal. – 2013. –  
Vol. 26. – P. 8-15.*

19. *Woo C.-K., King M., Tishler A., Chow L.-C.  
Cost of electricity deregulation // Energy. – 2006. –  
Vol. 31. – P. 747-768.*

Поступила в редакцию  
25.05.2015 г.

**A. Solyanik<sup>2</sup>**

## **THE PROBLEMS OF POWER INDUSTRY DEVELOPMENT AFTER DEREGULATION: RUSSIAN AND FOREIGN EXPERIENCE**

The article focuses on demonstration of inefficiency of the market mechanisms created as the result of Russian power industry liberalization. The most urgent disadvantages of actual Russian wholesale electricity market are stressed in the paper. It is proved by the author that the effective system of market mechanisms which could provide sustainable development of power generation capacities in the power system has not been created even in other countries yet.

*Key words:* investment activity, power industry development, social efficiency, power industry deregulation, competitive electricity markets, investment incentives.

---

<sup>2</sup> Andrey I. Solyanik – engineer-explorer, Energy Research Institute of RAS; postgraduate student of the State University of Management, e-mail: andsolyanik@yandex.ru.

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. На первой странице статьи необходимо указать: индекс УДК (над заголовком статьи слева), имя, отчество, фамилию автора, название статьи. В статье должна быть аннотация — не более 400–600 печатных знаков с пробелами и перечень ключевых слов.

2. Статьи должны быть структурированы. Рекомендуется стандартная рубрикация разделов: введение, постановка проблемы (задачи исследования); основная часть — обсуждение проблемы; заключение (выводы).

Текст предоставляется в распечатанном виде и на электронном носителе. Текст должен быть распечатан шрифтом Times New Roman, 12 кегля, через 1,5 интервала, с полями по 2 см сверху, снизу, слева и справа. Страницы должны быть пронумерованы снизу справа. Объем статьи — 10–15 стандартных страниц и 2–3 рисунка (сюда же входят таблицы и список литературы).

3. Таблицы предоставляются в тексте статьи, через 1,5 интервала, кегль 11.

4. Нумерация формул (сплошная по всей статье) указывается в скобках (в порядке возрастания) цифрами (1, 2 и т.д.) с правой стороны (в правый край набора).

5. Иллюстрации предоставляются в тексте статьи в электронном виде. На рисунках нужно избегать лишних деталей и надписей (надписи необходимо заменять цифрами или буквами, разъяснение которых дается в подрисуночных подписях или в тексте). Линии на рисунках должны быть четкими (5–6 рix), ширина рисунков не должна превышать 140 мм, высота — 200 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунке — Times New Roman (9–10 кегль). Рисунки должны быть черно-белыми, с разными типами штриховки (с размером шага, позволяющим дальнейшее уменьшение).

6. Подрисуночные подписи предоставляются в тексте статьи, через 1,5 интервала, кегль 12.

7. Список литературы приводится в конце статьи, имеет сплошную нумерацию арабскими цифрами. По тексту статьи даются ссылки на номер в квадратных скобках: [1]. Библиографическое описание дается в следующем порядке: фамилия, инициалы автора (авторов), полное название монографии, место издания, издательство, год издания; для периодических изданий — фамилии, инициалы авторов, название статьи, название журнала, год выпуска, том, номер, страницы.

8. После списка литературы необходимо указать сведения об авторе (авторах): должность, ученую степень, звание, e-mail (если нет — контактный телефон).

9. Рукописи авторам не возвращаются.

10. Плата за публикации не взимается.

**Благодарим за соблюдение наших правил и рекомендаций.**

