

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РЕГИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Галина Старкова, Наталья Фролова

**Аннотация:** В статье рассматриваются основные подходы, методы и особенности прогнозирования электропотребления, а также построение “Программного комплекса региональной моделей потребления электроэнергии в Российской Федерации”.

**Ключевые слова:** моделирование и прогнозирование потребления электроэнергии, программный комплекс, информационно-аналитические системы, эконометрическое моделирование.

**ACM Classification Keywords:** ACM Classification Keywords: H. Information Systems. H.4 Information Systems Applications: H.4.2 Types of Systems – Decision support (e.g., MIS).

---

### Введение

Развитие энергетики в целом и электроэнергетики в частности, выражающееся не только в увеличении объёмов потребляемой энергии, но и в диверсификации её источников и повышении эффективности её добычи, во многом определяет темпы экономического роста любой страны. По сравнению с другими видами энергоносителей, электроэнергетика используется во всех сферах человеческой деятельности, является ключевой движущей силой роста мировой энергетики и единственным сектором, в котором конкурируют все виды первичного топлива [BP, 2013]. Технологическое единство и совпадение во времени процессов генерации, передачи, распределения и потребления электроэнергии приводит к жёсткой зависимости режима и объёма производства электроэнергии от объёма её потребления, обусловленную также невозможностью складирования электроэнергии. Данный факт подчёркивает актуальность проблемы математического моделирования объёмов потребления электроэнергии в условиях современного развития оптового рынка электроэнергии и мощности [Старкова, 2012].

Целью проведённого исследования является разработка программного комплекса региональных моделей потребления электроэнергии в Российской Федерации, предназначенного для операционного (до 5 лет) и стратегического (до 20 лет) прогнозирования потребления электроэнергии, а также для поддержки принятия инвестиционных решений, связанных с приобретением или продажей активов, размещением объектов строительства на новых, либо на уже действующих электростанциях. Информационной базой, необходимой для создания программного комплекса моделей, служат официальные данные Росстата, Министерства экономического развития РФ, Федеральной службы по тарифам, некоммерческого партнёрства „Совет рынка”, Системного оператора Единой энергетической системы, данные метеорологических служб и ряда других официальных источников.

Проект выполняется в рамках постановления Правительства РФ № 218 от 09.04.2010 г. „О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства” при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

---

## Электроэнергетика Российской Федерации

---

Россия является одним из мировых лидеров по производству электроэнергии. Согласно данным компании British Petroleum по данному показателю за 2013 г. Российская Федерация занимает 3 позицию в международном рейтинге, уступая лишь Китайской Народной Республике и Соединённым Штатам Америки. В настоящий момент в составе Единой энергетической системы (ЕЭС) России функционируют 69 региональных энергосистем, образующих семь Объединённых энергетических систем (ОЭС): Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Юга, Сибири и Востока. Все энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи с напряжением 220-500 кВ и выше, работающие в синхронном режиме.

Показатели потребления электроэнергии в России носят достаточно волатильный характер. В 2008 г. темп роста электропотребления составил 2 %, а в 2009 г. электропотребление снизилось на 4,6 % и составило 964376,2 тыс. МВт·час. В 2010 г. преодолевались последствия экономического кризиса и спрос на электроэнергию по данным Некоммерческого партнёрства „Совет рынка“ (НП „Совет рынка“) увеличился почти на 4,7 %. В 2011 и 2012 гг. преодоление экономического кризиса продолжилось, но прирост потребления электроэнергии снизился и составил 1,15 % и 1,67 % соответственно.

Подобная волатильность показателей потребления электроэнергии в России связана с „утяжелённой“ структурой экономики, в которой большие объёмы электроэнергии потребляются электроёмкими отраслями промышленности при относительно низкой диверсификации промышленности и относительно низкой доле неэлектроёмкой сферы услуг. Таким образом, работа обозначенных выше отраслей промышленности в большей степени на экспорт приводит к существенной зависимости экономики России в целом и потребления электроэнергии в частности от конъюнктуры мировых рынков.

Основным потребителем электроэнергии является промышленность (53,9%). На долю населения и других видов экономической деятельности приходится примерно по 12 % от общего потребления электроэнергии в Российской Федерации. Около 10 % от общего потребления электроэнергии в РФ приходится на потери в электросетях.

---

## Задача прогнозирования потребления электроэнергии

---

Задача прогнозирования электропотребления имеет высокую актуальность для субъектов, функционирующих в условиях оптового рынка электроэнергии и мощности [Старкова, 2012а]. Удовлетворение спроса на электроэнергию в краткосрочном периоде обеспечивается возможностями действующих электростанций, оборудование которых в каждый момент времени должно находиться в работоспособном состоянии. Возрастающий спрос на электроэнергию в долгосрочном периоде может быть обеспечен не только действующими электростанциями, но и за счёт строительства новых электростанций, расширения действующих станций, а также реализацией программ энергосбережения.

Исследования в долгосрочном и среднесрочном прогнозировании энергопотребления и электропотребления проводятся Международным энергетическим агентством (International Energy Agency), Международным институтом прикладного системного анализа (IIASA), Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЕ), Институтом систем энергетики им. Мелентьева Сибирского отделения РАН, Институтом энергетических исследований РАН, ОАО „Институт „Энергосетьпроект“, а также транснациональными корпорациями Exxon Mobil, British Petroleum и рядом других. Системный метод исследований особенно важен для решения сложных комплексных задач электроэнергетики и тесно связанных с ними задач развития народного хозяйства по наиболее эффективному пути [Мелентьев, 1995].

С развитием рыночных отношений значительно возрастает роль ценовых и финансовых взаимосвязей электроэнергетики и экономики. Математические модели энергетических систем стали необходимым инструментом обоснования государственных прогнозов и бизнес-планов развития компаний и, соответственно, требования к ним резко возросли. Всё это принципиально усложнило проблему моделирования взаимосвязей энергетики и экономики [Кононов, 2009]. Общеизвестным методом прогнозирования развития энергетики является моделирование. При этом ключевой методологической проблемой моделирования энергетики выступает проблема неопределённости перспективных условий развития. Как правило, многовариантность прогнозных исследований достигается с помощью сценарного моделирования и прогнозирования. Выделим некоторые тенденции в развитии моделей потребления электроэнергии:

- расширение числа внешних связей топливно-энергетического комплекса;
- стремление учесть комплексное влияние стратегий развития энергетики на экономику;
- переход от создания изолированных экономических и энергетических моделей к их синтезу;
- создание сложных программных комплексов, отражающих процесс энергопотребления в отдельных секторах экономики с различным уровнем детализации и агрегации моделируемых показателей, а так же позволяющих проводить многовариантные сценарные расчёты [Андреанов, 2012, с. 216].

Программный комплекс региональных моделей потребления электроэнергии в РФ является неотъемлемой частью интегрированной системы стратегического планирования для Группы „Интер РАО” - диверсифицированного энергетического холдинга, управляющего активами в России, а также странах Европы и СНГ (Рис. 1).



Рис. 1. Интегрированная система стратегического планирования

Объёмы спроса на электроэнергию, рассчитанные с помощью региональных моделей, поступают на вход в модель оптового рынка электроэнергии и мощности и в интегрированную модель стоимости. С учётом фактических данных за отчётный период и плановых данных об операционной деятельности, а так же полученных прогнозных оценок объёмов спроса на электроэнергию по субъектам РФ, в результате расчёта интегрированной модели стоимости формируются объёмы продаж по регулируемым договорам

купли-продажи электроэнергии (РД), свободным двусторонним договорам купли-продажи электроэнергии (СДД) и свободным договорам купли-продажи мощности (электроэнергии и мощности) (СДМ), рассчитываются постоянные затраты и инвестиционные проекты. Далее вся полученная информация, а также данные модели рынка первичных энергоносителей поступают на вход модели оптового рынка электроэнергии и мощности. В результате моделирования на выходе получаем объём и цену по рынку на сутки вперёд (РСВ) и балансирующему рынку (БР), а также конкурентному отбору мощности (КОМ) и прогноз цен на первичные энергоносители.

До разработки и внедрения программного комплекса специалисты Группы „Интер РАО” использовали официальные прогнозы Министерства экономического развития. Отсутствие собственной модели прогнозирования спроса на электроэнергию в разбивке по регионам РФ и по видам экономической деятельности, необходимость в автоматизированной поддержке прогнозирования спроса на продукцию, а также управлении инвестиционными проектами стали предпосылками создания программного комплекса [Prognoz, 2014].

Комплексный подход к изучению конъюнктуры рынка предполагает использование различных взаимодополняющих источников информации, сформированных на единых методологических принципах, сочетание ретроспективного анализа с прогнозом рассматриваемых показателей, характеризующих конъюнктуру данного рынка, применение совокупности различных моделей и методов анализа и прогнозирования. Выбор математических методов, применяемых при реализации комплекса региональных моделей потребления электроэнергии, осуществлялся в соответствии со следующими критериями: возможность автоматизации процесса моделирования; интерпретируемость полученных результатов; наличие формализованных критериев проверки качества построенных моделей; возможность корректировки и уточнения спецификаций построенных моделей.

При этом отдельные уравнения и комплекс моделей в целом способны объяснить основные черты экономического развития. Все зависимости в рамках построенных моделей не противоречат экономической теории. Для решения поставленной задачи прогнозирования потребления электроэнергии в рамках данной работы рассматривается построение программного комплекса региональных моделей на основе эконометрических и балансовых уравнений, отражающих различные аспекты электропотребления. Программный комплекс позволяет рассчитывать потребление электроэнергии не только в целом по стране, но и по объединённым энергетическим системам, по субъектам РФ, а также по различными категориям потребителей в зависимости от видов экономической деятельности, от потребляемой мощности и по ряду других признаков.

С внедрением программного комплекса региональных моделей потребления электроэнергии в РФ специалисты Группы „Интер РАО” получили возможность самостоятельно, варьируя входные параметры модели, получать реалистичные результаты спроса основных потребителей продукции компании [Андреанов, 2012; Prognoz, 2014].

---

### **Программный комплекс региональных моделей потребления электроэнергии в РФ**

---

На текущий момент комплекс моделей включает в себя около 12 тысяч уравнений, из них порядка 130 уравнений эконометрического и балансового характера для каждой из 69 региональных энергосистем, а также для 2 городов федерального значения, для 7 Объединённых энергетических систем и для Единой энергетической системы в целом. В структуре рассматриваемого программного комплекса региональных моделей можно выделить 3 вида моделей в зависимости от периода прогнозирования: краткосрочные модели с периодом прогнозирования 1 год с динамикой по месяцам, среднесрочные модели квартальной

динамики с периодом прогнозирования на 4 последующих года и долгосрочные модели годовой динамики с периодом прогнозирования на последующие 15 лет вперёд.

В комплекс входят модели потребления электроэнергии по видам экономической деятельности (промышленность, сельское хозяйство, транспорт и связь, строительство, другие виды экономической деятельности), модели потребления электроэнергии населением (городское и сельское население), модели потерь электроэнергии (коммерческие и технологические потери), модели потребления электроэнергии по 3 основным категориям, выделяемым Федеральной службой по тарифам РФ, модели, позволяющие рассчитывать число часов использования мощности и локальные максимумы потребления мощности. Укрупнённая схема расчёта комплекса моделей приведена на рис. 2.

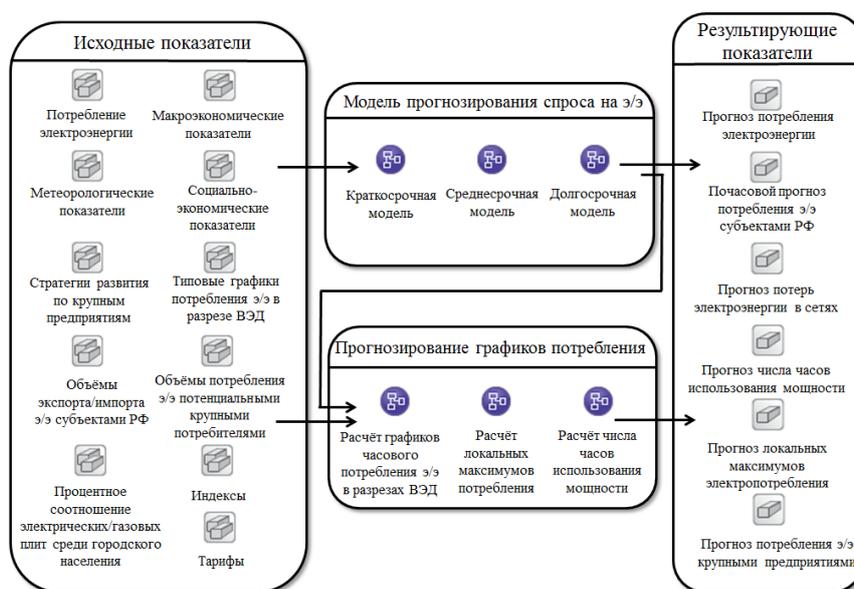


Рис. 2. Укрупнённая схема расчёта комплекса моделей [Андрианов, 2013]

В качестве экзогенных переменных при моделировании различных аспектов электропотребления выступают параметры сценарных условий социально-экономического развития регионов России, разрабатываемые Министерством экономического развития Российской Федерации, параметры денежно-кредитной и тарифной политики (рис. 2) [Андрианов, 2013].

Для проведения ретроспективного анализа процесса потребления электроэнергии в РФ были рассмотрены данные некоммерческого партнёрства „Совет рынка” и Системного оператора Единой энергетической системы, сформированные на основе единых методологических принципов. Период идентификации всех моделей в рамках программного комплекса начинался с 1993 г. Однако, необходимо отметить следующие особенности: данные Системного оператора Единой энергетической системы, начиная с 1993 г. до 2007 г. включительно, содержат информацию об объёмах потребления электроэнергии всего Объединёнными энергетическими системами, без детализации по категориям потребителей в годовой динамике; данные некоммерческого партнёрства „Совет рынка” берут своё начало в январе 2008 г., при этом содержат информацию по регионам об объёме потребления электроэнергии всего и об объёме потребления электроэнергии населением в динамике по месяцам до октября 2013 г. включительно.

В свою очередь, в электробалансах, формируемых Росстатом, можно найти данные, начиная с 2005 г. до 2012 г. включительно в годовой динамике по регионам по потреблению электроэнергии по различным видам экономической деятельности, населению и потерям. Очевидно, что для поставленных задач, необходимо провести вспомогательные расчёты. Алгоритм получения длинных временных рядов на этапе идентификации моделей приведён на рисунке 3.

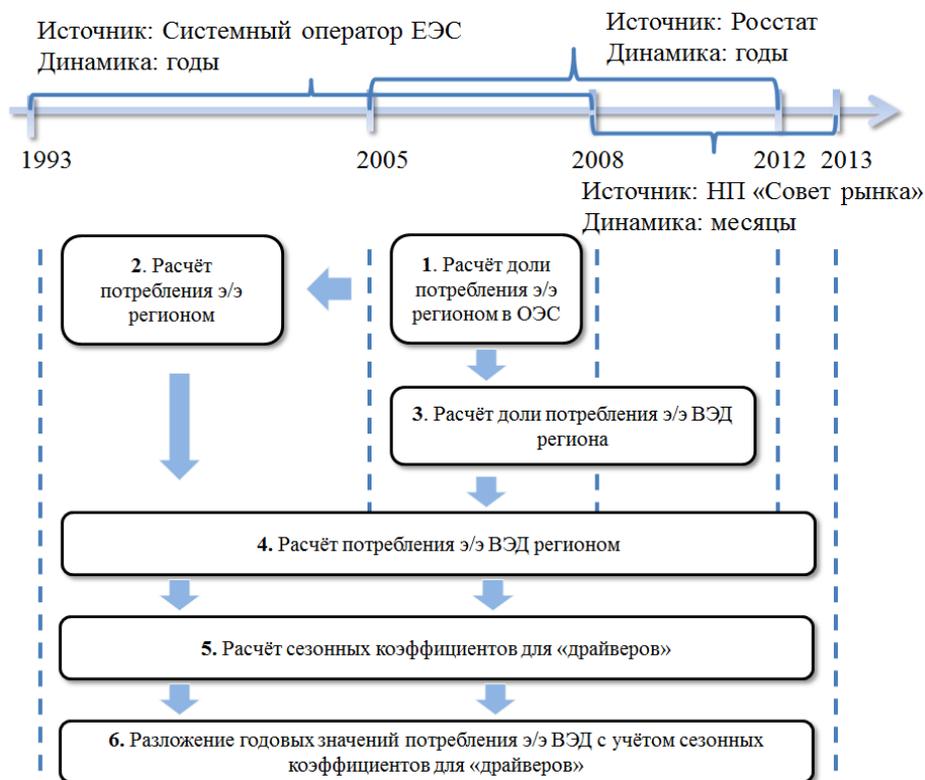


Рис. 3. Алгоритм получения длинных временных рядов

При построении программного комплекса региональных моделей потребления электроэнергии за основу был выбран метод конечного использования, базирующийся на предположении о том, что спрос на электроэнергию – производный спрос. Таким образом, электроэнергия рассматривается не как изолированный объект моделирования, а в непосредственной связи с источниками её потребления [ESS, 2005]. Основное внимание уделялось также получению статистически значимых оценок параметров моделей и самих моделей в целом, обладающих возможностью экономической интерпретации полученных результатов.

Процесс потребления электроэнергии в общем случае представляет собой сложный случайный нестационарный процесс, который может быть представлен несколькими составляющими [AIS, 2014]. На ретроспективном периоде анализ временных рядов, характеризующих потребление электроэнергии, позволил выявить изменчивую амплитуду сезонного фактора и отсутствие относительно постоянной сезонной вариации. Выявленные факты свидетельствуют о присутствии мультипликативных моделей сезонности. В рамках данной работы сезонная декомпозиция была выполнена с помощью метода сезонной корректировки Census II, принятого Статистическим управлением США (US Bureau of the Census) [Findley, 1988]. Для целей дальнейшего моделирования была использована очищенная от сезонности

тренд-циклическая составляющая, после получения соответствующих прогнозов, искомые временные ряды были получены обратными преобразованиями.

Можно выделить 2 основных класса моделей в рассматриваемом комплексе региональных моделей: экстраполяционные и факторные модели. При этом предпосылкой к использованию экстраполяционных моделей является предположение о том, что исходный временной ряд содержит всю необходимую информацию для построения соответствующего прогноза. Экстраполяционные модели применимы преимущественно для краткосрочного моделирования (до 1 года). Для построения экстраполяционных моделей была проведена проверка на стационарность временных рядов, анализ автокорреляционных (АКФ) и частных автокорреляционных (ЧАКФ) функций, тесты на единичные корни, в частности расширенный тест Дики-Фуллера. При идентификации моделей использовался оптимизационный метод одновременного вычисления коэффициентов – метод Левенберга – Марквардта [Levenberg, 1944].

При построении среднесрочных и долгосрочных моделей потребления электроэнергии необходимо учитывать не только информацию, содержащуюся в предыстории моделируемого временного ряда, но и влияние внешних факторов. В процессе моделирования потребления электроэнергии принимается гипотеза о сохранении имеющихся на ретроспективном периоде тенденций. Долгосрочные модели прогнозирования в годовой динамике опираются на результаты краткосрочного и операционного прогнозирования. В отличие от краткосрочного моделирования, основанного на экстраполяционных моделях, среднесрочное и долгосрочное моделирование, в рамках рассматриваемого программного комплекса региональных моделей потребления электроэнергии в РФ, опирается на факторные модели. Построение факторных моделей подразумевает: наличие длинных временных рядов моделируемых и объясняющих показателей, необходимых для идентификации моделей, а также наличие значений сценарных показателей на периоде прогнозирования, необходимых для получения прогнозных значений моделируемых показателей по соответствующим сценариям.

Рассматривается единый подход к построению моделей в годовой динамике в долгосрочном прогнозировании и в месячной динамике в операционном прогнозировании: используемый тип моделей – множественная регрессия; оценка параметров регрессии с помощью метода наименьших квадратов; единый набор регрессоров; включение в модели статистически значимых и улучшающих качество модели факторов (авторегрессоры, скользящие средние, фиктивные переменные для учёта ряда не моделируемых фактов, в рамках данного комплекса моделей).

Отличительная особенность в построении факторных моделей в годовой динамике и в динамике по месяцам заключается в предварительной очистке временных рядов в динамике по месяцам от сезонных колебаний с помощью процедуры сезонной декомпозиции Census II. Значения искомого временного ряда рассчитываются при помощи обратных преобразований после моделирования тренд-циклической составляющей временного ряда.

---

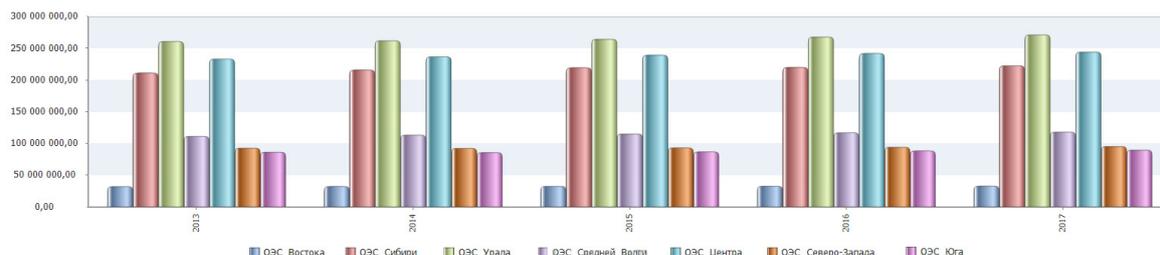
### **Программная реализация комплекса региональных моделей потребления электроэнергии в РФ**

---

Программный комплекс региональных моделей потребления электроэнергии в РФ создан на базе Prognoz Platform 7 - BI-платформы для создания и разработки настольных, web и мобильных приложений, объединяющей современные технологии хранилищ данных, визуализации, оперативного анализа данных (OLAP), формирования отчётности, а так же моделирования и прогнозирования бизнес-процессов [ESS, 2005]. Prognoz Platform разработана с использованием языка Microsoft Visual C++. Взаимодействие компонентов платформы осуществляется с помощью COM-технологии (Microsoft Component Object Model), часть механизмов взаимодействия реализована с использованием web-сервисов.

Программный комплекс региональных моделей потребления электроэнергии в РФ включает в себя следующие ключевые модули: модуль интеграции с существующими системами, единое хранилище данных, модуль моделирования, оперативную базу данных, модуль визуализации данных и формирования отчётов и модуль прогнозирования социально-экономического развития.

На рисунке 4 приведены полученные прогнозные оценки потребления электроэнергии Объединёнными энергетическими системами на период с 2013 по 2017 годы при расчёте комплекса моделей по базовому сценарию.

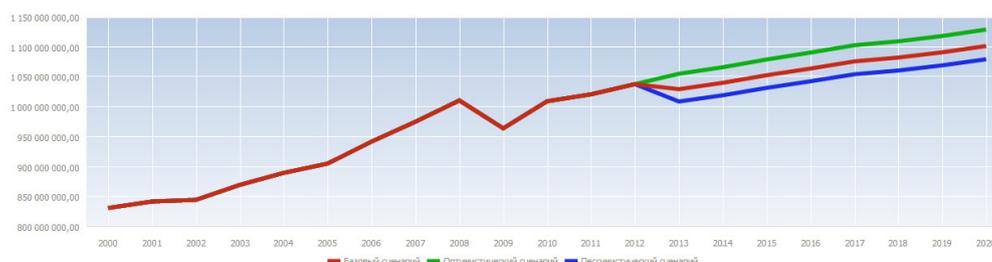


**Рис. 4.** Прогноз потребления электроэнергии Объединёнными энергетическими системами на 2013-2017 гг. по базовому сценарию

Для получения прогнозных оценок регионального потребления электроэнергии в сценарных расчётах преимущественно использовались значения экзогенных переменных, полученные в результате применения информационно-аналитической системы мониторинга, анализа и прогнозирования социально-экономического развития субъектов РФ. Данная информационно-аналитическая система в настоящий момент внедрена в Министерстве экономического развития РФ, и позволяет проводить многовариантные сценарные расчёты по ключевым социально-экономическим и финансовым показателям развития РФ и её субъектов [Кулаков, 2000; Кулаков, 2002].

На рисунке 5 приведен пример разработанной отчётной формы визуализации полученных результатов сценарного моделирования и прогнозирования потребления электроэнергии Российской Федерации по трём сценариям (базовый, оптимистический и пессимистический).

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что потребление электроэнергии в России имеет тенденцию к ежегодному увеличению в размере порядка 2-6%% на периоде прогнозирования с 2013 по 2033 годы. Увеличение потребления электроэнергии наблюдается во всех секторах экономики, однако рост не везде однороден. Данный факт связан с неравномерным развитием секторов экономики и различным уровнем электроёмкостей видов экономической деятельности. Кроме того, наблюдается неравномерное социально-экономическое развитие регионов Российской Федерации.



**Рис. 5.** Пример разработанной отчётной формы визуализации полученных результатов сценарного моделирования и прогнозирования потребления электроэнергии РФ

## Закключение

Построенный программный комплекс региональных моделей потребления электроэнергии внедрён в 2012-2013 гг. в Группе „Интер РАО” - диверсифицированном энергетическом холдинге, управляющим активами в России, а также странах Европы и СНГ, в виде „Программного комплекса моделирования конъюнктуры оптового рынка электроэнергии и мощности в РФ”. Программный комплекс региональных моделей потребления электроэнергии является неотъемлемой частью интегрированной системы стратегического планирования Группы „Интер РАО”.

При построении региональных моделей потребления электроэнергии период идентификации, обусловленный наличием необходимых статистических данных, составил период с 1993 по 2012 гг. включительно. В настоящий момент по ряду эндогенных показателей в рамках программного комплекса опубликованы данные за 2013 г. Таким образом, возникает возможность проверки достоверности полученных прогнозных оценок. В таблице приведены прогнозные оценки годового потребления электроэнергии Объединённой энергетической системы Урала и их фактические значения, а также процентные отклонения модельных значений от фактических.

**Таблица.** Прогнозные оценки и фактические значения потребления электроэнергии Объединённой энергетической системы Урала за 2013 г. (МВт · час)

№	Субъект РФ	Прогноз потребления электроэнергии (базовый сценарий), МВт · час	Фактическое значение потребления электроэнергии, МВт · час	Ошибка прогноза, %
1	Кировская область	7638017,75	7402300	3,09
2	Курганская область	4593418,93	4518200	1,64
3	Оренбургская область	16335077,1	15582100	4,61
4	Свердловская область	46081332,73	44770300	2,85
5	Тюменская область	89520626,12	91176100	-1,85
6	Челябинская область	37408997,22	35756800	4,42
7	Республика Башкортостан	25600884,87	25708600	-0,42
8	Удмуртская Республика	9589789,67	9396700	2,01
9	Пермский край	24315217,29	23477400	3,45

Наибольшее отклонение прогнозного значения потребления электроэнергии от фактического наблюдается в Челябинской области, но величина этого отклонения не превышает 5 %, что позволяет сделать вывод о статистически высоком качестве построенных моделей. При этом модельное значение потребления электроэнергии Объединённой энергетической системой Урала за 2013 г. превышает фактическое лишь на 1,28%.

В результате проведённых расчётов в рамках ретроспективного прогнозирования и сравнения полученных прогнозных оценок с их фактическими значениями, находящимися за пределами периода идентификации программного комплекса региональных моделей, можно сделать вывод о достаточно высоких прогностических свойствах, что свидетельствует о статистической значимости построенных

моделей в целом, включённых в них факторов, а так же о корректном использовании экономико-математических методов.

В настоящий момент работа над созданием и усовершенствованием программного комплекса региональных моделей потребления электроэнергии в РФ продолжается. После публикации официальной статистической информации за 2013 г., необходимой для идентификации построенных моделей, будет осуществлена переоценка параметров построенных моделей, а так же будет осуществлён сдвиг периода прогнозирования до 2034 года соответственно. В случае необходимости также возможно расширение функциональных возможностей модуля консенсус-прогнозов и средств визуализации данных.

В ближайшее время также планируется усовершенствование модуля, моделирующего число часов использования мощности и локальных максимумов потребления электроэнергии с большей степенью детализации полученных результатов, а также учёт экспортно-импортных операций в рамках рассматриваемого программного комплекса моделей.

---

### Библиографический список

---

- [AIS, 2014] <http://www.ais.np-sr.ru> (31.05.2014)
- [BP, 2013] 1BP: прогноз развития мировой энергетики до 2030 г. Январь 2013 г. [http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/EnergyOutlook2030/BP\\_Energy\\_Outlook\\_2030\\_Russian.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/EnergyOutlook2030/BP_Energy_Outlook_2030_Russian.pdf)
- [ESS, 2005] Northern York Region Electricity Supply Study Submission to the Ontario Energy Board. - Exhibit B: Load Forecast & CDM Options Northern York Region. – Canada. – 2005.
- [Findley, 1988] D.F. Findley, B.C. Monsell, H.B. Shulman, M.G. Pugh. Sliding Spans Diagnostics for Seasonal and Related Adjustments, Statistical Research Division Report No. CENSUS/SRD/RR-86/18, Bureau of the Census. 1988.
- [Levenberg, 1944] K. A. Levenberg. Method for the Solution of Certain Problems in Last Squares. Quart. Appl. Math. 1944. Vol. 2. P. 164—168.
- [Prognoz, 2014] <http://www.prognoz.ru/project/1376> (31.05.2014)
- [Андрианов, 2012] Д.Л. Андрианов, Д.О. Науменко, Г.С. Старкова. Анализ методов и моделей энергопотребления на макроуровне // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия „Экономические науки”. Вып. 4, 2012, с. 215-219.
- [Андрианов, 2013] Д.Л. Андрианов, Г.С. Старкова. Разработка программного комплекса региональных моделей конъюнктуры оптового рынка электроэнергии и мощности в части спроса на электроэнергию в Российской Федерации // Управление экономическими системами: электронный научный журнал, 2013. №12. URL: <http://www.uecs.ru>
- [Кононов, 2009] Ю.Д. Кононов, Е.В. Гальперова, Д.Ю. Кононов и др. Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики. Новосибирск: Наука, 2009.
- [Кулаков, 2000] М.Ю. Кулаков. Макроэкономическая модель Российской Федерации // Экономическая кибернетика: методы и средства эффективного управления (к 30-летию кафедры экономической кибернетики): Сб. ст. – Пермь, 2000 г. – с. 260-266.
- [Кулаков, 2002] М.Ю. Кулаков. Применение сценарного подхода к прогнозированию макроэкономических показателей // Экономическая кибернетика: математические и инструментальные методы анализа, прогнозирования и управления: Сб. ст./ Перм. ун-т. – Пермь, 2002 г. – с. 111 – 115.
- [Мелентьев, 1995] Мелентьев Л.А. Избранные труды. Методология системных исследований в энергетике / М.: Наука, 1995
- [Старкова, 2012] Г.С. Старкова Методы и модели прогнозирования электропотребления на региональном уровне // International Journal. Information theories and applications. 2012. P. 378-383.
- [Старкова, 2012a] Старкова Г.С. Программный комплекс анализа конъюнктуры оптового рынка электроэнергии и мощности // International Journal „Information Models and Analyses” Vol.2 / 2013, Number 3, p. 292-299.

**Сведения об авторах**

---



**Галина Старкова** – Пермский государственный национальный исследовательский университет, старший преподаватель кафедры информационных систем и математических методов в экономике, ведущий специалист ЗАО „ПРОГНОЗ”; Россия, г. Пермь, 614990, ул. Букирева, д. 15; e mail: Starkova@prognoz.ru.

*Major Fields of Scientific Research: математические и инструментальные методы экономики; информационно-аналитические системы и системы поддержки принятия решений.*



**Наталья Фролова** – Пермский государственный университет, доцент кафедры информационных систем и математических методов в экономике, Россия, г. Пермь, 614990, ул. Букирева, д. 15; e mail: nvf\_psu@mail.ru.

*Major Fields of Scientific Research: графовые модели бизнес-процессов и систем; графовые грамматики; аналитические системы*

**Program complex of regional models of electricity consumption for the Russian Federation**

**Galina Starkova, Natalia Frolova**

**Abstract:** *There were considered main approaches, methods and features of energy consumption forecasting and creating program complex of a regional model of environmental of wholesale electricity in Russian federation.*

**Keywords:** *modeling and forecasting of energy consumption, the program complex, information-analytical systems, econometric modeling.*