

# Предложения по развитию методики формирования среднесрочного прогноза спроса на электроэнергию с учетом динамики развития экономики страны и регионов России



**Алексей Макаров**  
академик, директор  
Института энергетических  
исследований Российской  
академии наук  
(ИНЭИ РАН)



**Сергей Филиппов**  
член-корр. РАН,  
заместитель директора  
ИНЭИ РАН



**Федор Веселов**  
заведующий  
отделом развития  
и реформирования  
электроэнергетики  
ИНЭИ РАН



**Владимир Малахов**  
заведующий отделом  
энергопотребления,  
энергоэффективности  
и НТП в энергетике  
ИНЭИ РАН

## **Об актуальности темы**

Динамика будущей потребности в электроэнергии является естественной основой всех прогнозных и проектных работ в электроэнергетике и важнейшим связующим звеном между ними и прогнозами развития экономики страны.

Созданная в отрасли нормативная база<sup>1</sup> регулярной прогнозной деятельности предъявляет повышенные требования к научно-методической поддержке прогнозов спроса на долгосрочную и среднесрочную перспективу. При общности этих подходов (но с учетом специфики каждого прогнозного горизонта) должны обеспечиваться непротиворечивость и согласованность исходных параметров для разработки генеральной схемы размещения объектов электроэнергети-

ки, схемы и программы развития ЕЭС на семилетний период, а также схем развития электроэнергетики субъектов РФ.

Вопросы прогнозирования спроса затрагиваются также и в проекте Правил технологического функционирования электроэнергетических систем (далее — Правила), готовящихся к принятию Минэнерго России. Являясь базовым нормативно-правовым актом в формирующейся системе технического регулирования, Правила регламентируют основные технологические требования к оборудованию, системам управления, порядку и процедурам взаимодействия субъектов электроэнергетики в различных аспектах функционирования и планирования развития электроэнергетики.

При этом оба нормативных документа формируют систему общих требований к прогнозу спроса на электроэнергию исходя из:

- прогноза социально-экономического развития на долгосрочную перспективу;
- статистических данных о фактическом потреблении электрической энергии;
- данных о заявках на технологическое присоединение;
- данных, предоставляемых крупными энергоемкими потребителями;
- информации об инвестиционных проектах, реализация которых планируется на территории субъекта РФ.

По сути, данные требования определяют необходимость создания

<sup>1</sup> Правила разработки и утверждения схем и программ перспективного развития электроэнергетики, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 17.10.09 № 823 «О схемах и программах перспективного развития электроэнергетики».

комплексного подхода, синтезирующего в себе методы прогнозирования электропотребления как «сверху вниз» (с учетом перспективных показателей динамики роста и структурной перестройки экономики страны и регионов), так и «снизу вверх» (с учетом региональной специфики, включая данные о заявках потребителей и крупных инвестпроектах).

Эта задача гораздо шире подхода к прогнозу электропотребления на основе укрупненных удельных показателей потребления, используемого в действующих Методических рекомендациях по проектированию энергосистем<sup>2</sup>. Подготовленный же ему на смену проект Методических указаний по проектированию энергосистем лишь более подробно детализирует систему требований к формированию прогноза спроса, не затрагивая собственно методических аспектов этой важнейшей проблемы.

Таким образом, можно считать по-прежнему актуальной задачей разработку комплексной методики прогноза потребления электроэнергии в региональном разрезе на долгосрочную и среднесрочную перспективу. С учетом высокой доли теплофикации в России не менее значимой является и аналогичная (по актуальности и сложности) задача прогнозирования потребности в централизованном тепле.

В настоящей статье мы остановимся именно на особенностях и предложениях формирования среднесрочного прогноза спроса, в том числе как основы для разработки схемы и программы развития ЭЭС России. Актуальность данной темы сделала ее предметом обсуждения на совместном заседании научного совета РАН по проблемам надежности и безопасности больших систем энергетики, научно-технической коллегии Некоммерческого партнерства «Научно-технический совет Единой энергетической системы» (НП «НТС ЭЭС») и научно-технического сове-

та ОАО «ИНТЕР РАО ЭЭС», прошедшем в марте этого года под председательством члена-корреспондента РАН А.Ф. Дьякова. Решением данного заседания<sup>3</sup> были одобрены рассматриваемые далее методические предложения комплексного подхода к среднесрочному прогнозу спроса на электроэнергию. При этом ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы» (ОАО «СО ЭЭС») рекомендовано на их основе организовать разработку методических положений комплексного среднесрочного прогноза спроса на электроэнергию для дальнейшего использования их при разработке схем и программ развития ЭЭС России.

#### **Существующий порядок среднесрочного прогноза, проблемы и возможные решения**

В настоящее время потребность в электроэнергии на среднесрочный период ежегодно прогнозируется в скользящем режиме (со сдвигом на год) ОАО «СО ЭЭС» при регулярной разработке схемы и программы развития ЭЭС России на семь лет.

В основу этого прогноза закладывается, во-первых, подробный анализ данных «снизу» об отчетной динамике потребления электроэнергии в каждом субъекте РФ в целом и в разрезе наблюдаемых крупных потребителей (субъекты ОРЭМ и прочие потребители с годовым электропотреблением более 120 ГВт•ч), электростанций, с выделением потерь в Единой национальной электрической сети (ЕНЭС) и потребления населением. Во-вторых, в прогнозе подробно учитываются данные о новых вводах и изменении нагрузки существующих потребителей, включая заключенные договоры на техприсоединение (присоединяемая мощность, сроки ввода, число часов использования), при наличии — официальные данные по отдельным существующим потребителям, сведения из программ социально-эконо-

мического развития субъектов РФ, данные о комплексных объектах федерального значения.

Основными составляющими прогноза электропотребления являются прогнозы изменения спроса крупных потребителей, количество которых может достигать 200—300 в крупной энергосистеме. В составе этих прогнозов учитываются отчетное электропотребление, динамика дополнительной присоединяемой мощности (на основе заключенных договоров на техприсоединение), число часов использования максимума присоединяемой нагрузки. Для прогноза потребности в мощности учитываются также коэффициент участия в совмещенном максимуме нагрузки энергосистемы и другие коэффициенты, связывающие заявленную и прогнозную нагрузку.

Остальная часть конечного электропотребления (мелкомоторная и прочая нагрузка, а также население) прогнозируется укрупненно, через годовые коэффициенты прироста отчетных объемов. Отчетные данные лежат в основе прогноза потребления электроэнергии на электростанциях и потерь в сетях ЕНЭС.

Однако подробность формирования среднесрочного прогноза лишь методом «снизу вверх», на основе заявок, к сожалению, не снимает ключевой проблемы — достоверности заявок потребителей и их реализуемости с учетом макроэкономической ситуации в стране, регионах, отдельных отраслях экономики. Кроме того, заявки «ответственны» лишь за очень небольшую часть спроса (не более единиц процентов). Основной же спрос формируют существующие потребители, причем преимущественно под воздействием рыночной конъюнктуры. Результатом этого являются систематические расхождения прогноза на основе заявок и прогноза экономики (рис. 1):

- завышение (относительно роста экономики) темпов роста в пер-

<sup>2</sup> Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем, утвержденные Приказом Минэнерго России от 30.06.03 № 281 (СО 153-34.20.118-2003).

<sup>3</sup> Протокол № 1/2 совместного заседания научного совета РАН по проблемам надежности и безопасности больших систем энергетики, научно-технической коллегии НП «НТС ЭЭС» и научно-технического совета ОАО «ИНТЕР РАО ЭЭС» от 26.03.13.

вые 2—3 года, исходя из заявляемых предельных производственных возможностей потребителей;

- занижение темпов роста в последние 2—3 года из-за недостатка заявок и информации о развитии потребителей.

Проблема повышения достоверности учета заявок потребителей в среднесрочном прогнозе требует комплексного решения.

Одним из направлений является совершенствование правил и порядка техприсоединения. В настоящее время все заявки потребителя на выдачу техусловий, подаваемые на этапе выбора площадки для размещения своего производства (нередко сразу в разных регионах и/или разной мощности), автоматически учитываются в прогнозах исходя из принципа заблаговременности планирования инфраструктуры.

На основе этих данных происходит планирование и начинается реализация инвестиционных программ сетевых компаний (а в перспективе также будут проводиться долгосрочные отборы генерирующих мощностей), причем еще до завершающей фазы подписания потребителем юридически обязывающего договора на присоединение с определенными параметрами и размещением своего производства. В противном случае отложенная (до момента подписания договора на техприсоединение) реализация многих сетевых проектов по присоединению может привести к задержкам в полном и надежном энергоснабжении новых потребителей.

Таким образом, при совершенствовании процедуры техприсоединения необходимо предусмотреть дополнительные механизмы (в том числе дополнительную этапность), повышающие ответственность потребителей за качество предварительных заявок, в том числе за счет разработки механизмов снижения (разделения) рисков избыточных инвестиционных решений.

Другим направлением является методическая увязка динамики зая-

**Рис. 1. Динамика прогнозов электропотребления в ЕЭС России, сформированных на основе заявок потребителей (схема 13-19) и долгосрочного прогноза экономики (ИНЭИ)**



вок потребителей с динамикой развития экономики страны и регионов с переходом к комплексному алгоритму среднесрочного прогнозирования спроса на электроэнергию.

В результате применения такого комплексного алгоритма в первые 3—4 года среднесрочного прогноза обеспечиваются сепарация и корректировка заявляемых «снизу» объемов потребления с учетом макроэкономической оценки предельных (в том числе по инвестиционным возможностям) темпов развития отраслей и регионов, а в последние 3—4 года заявляемые «снизу» объемы спроса дополняются с учетом макроэкономической оценки тенденций по темпам развития отраслей и регионов.

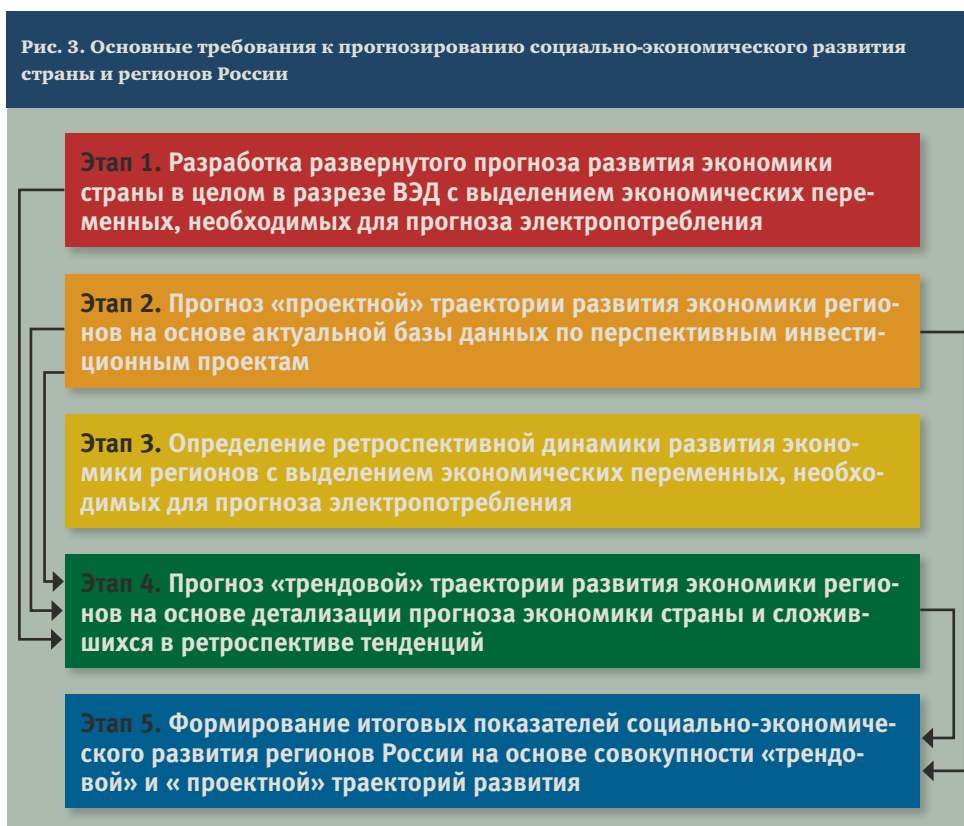
Синтез двух методов прогнозирования электропотребления позволяет компенсировать существенные недостатки каждого из них (рис. 2). В частности, проблемными сторонами применяемого в настоящее время прогноза «снизу вверх» являются как достоверность «приростного спроса» за счет фактической реализации заявок новых потребителей по объемам и срокам, так и достоверность динамики «базового спроса» уже существующих потребителей. В комплексном подходе эти проблемы решаются, во-первых, на основе прогноза динамики развития секторов экономики, а во-вторых — с учетом динами-

ки повышения энергоэффективности (электроемкости) секторов экономики в увязке с динамикой инвестиций.

Проблемная же сторона прогноза «сверху вниз» связана с учетом неравномерности динамики спроса по регионам/секторам экономики из-за возмущений, вносимых крупными инвестиционными проектами экономических субъектов. В комплексном подходе этот недостаток преодолевается на основе постоянной актуализации состава и параметров таких инвестиционных проектов в соответствии с заявками потребителей.

**Подходы к формированию прогноза экономики страны и регионов с учетом вклада инвестиционных проектов**

Необходимость перехода к комплексному алгоритму прогноза электропотребления заставляет более подробно остановиться на существе базовых методических принципов прогнозирования «сверху вниз» на основе показателей экономики. Во-первых, прогнозирование осуществляется на основе комплексных взаимосогласованных сценариев социально-экономического развития страны в целом и регионов России. Во-вторых, при формировании прогноза разделяются его экономические (производственные) и энергетические компоненты (перемен-



гнозов, поскольку позволяет учесть различия в тенденциях изменения этих переменных в прогнозный период<sup>4</sup>. В-третьих, прогнозная динамика значений каждой компоненты (переменной) формируется в виде базовых трендов на основе ретроспективы и накладываемых на них возмущений (инвестиционные программы и проекты). При этом осуществляется перманентная адаптация моделей к реальным условиям развития экономики с регулярной актуализацией и верификацией по исходной информации.

Важно отметить, что описанные выше (и раскрываемые далее более подробно) методические принципы прогноза электропотребления являются универсальной основой для прогнозирования не только конечного спроса на электроэнергию, но также и на централизованное тепло и все остальные виды топливно-энергетических ресурсов.

Как было отмечено выше, основной прогноза являются взаимосогласованные сценарии социально-экономического развития страны в целом и регионов России, которые могут быть сформированы в рамках многоэтапной процедуры<sup>5</sup>, предусматривающей (рис. 3):

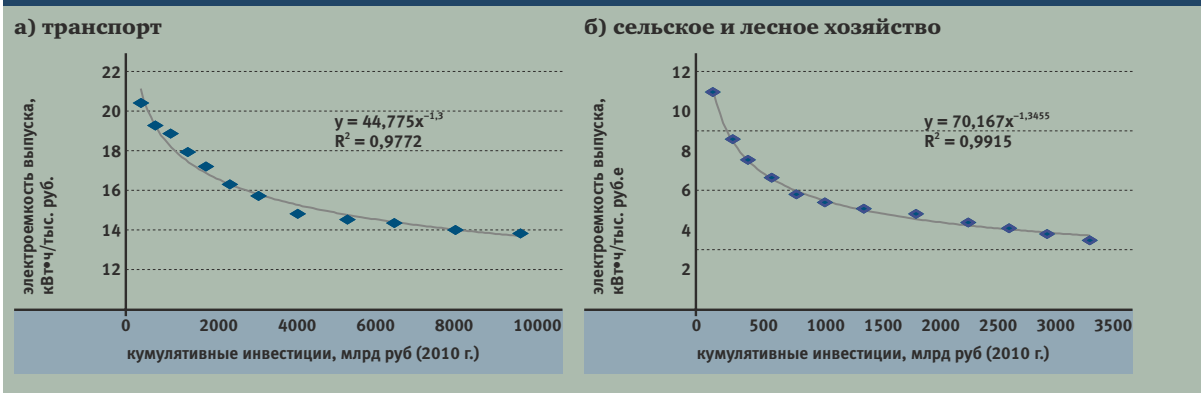
- на первом этапе — разработку развернутого прогноза развития экономики страны в целом в разрезе ВЭД с выделением экономических переменных, необходимых для прогноза электропотребления;
- на втором этапе — формирование «проектной» траектории развития экономики регионов на основе актуальной базы данных по перспективным инвестиционным проектам;
- на третьем этапе — определение ретроспективной динамики развития экономики регионов с выделением экономических переменных, необходимых для прогноза электропотребления;

ные). Экономические переменные (выпуски продукции и т.п.) описывают масштабы развития секторов экономики по видам экономической деятельности (ВЭД), а энергетические (энергоёмкости) — по интенсивности потребления ими энергоносителей. Разделение экономических и энергетических переменных существенно повышает корректность про-

<sup>4</sup> Нередко эти тенденции противоположны: выпуски растут, а энергоёмкости падают.

<sup>5</sup> Малахов В.А. Подходы к прогнозированию спроса на электроэнергию в стране // Проблемы прогнозирования. — 2009. — № 2 (113). — с. 57—62.

Рис. 4. Примеры статистических зависимостей показателей энергоёмкости и кумулятивных отраслевых инвестиций



- на четвертом этапе — прогноз «трендовой» траектории развития экономики регионов на основе детализации прогноза экономики страны и сложившихся в ретроспективе тенденций;
  - на завершающем, пятом этапе — формирование итоговых показателей социально-экономического развития регионов России на основе совокупности «трендовой» и «проектной» траекторий развития.
1. На первом этапе при разработке развернутого прогноза развития экономики страны в целом в разрезе ВЭД определяются объемы производства и инвестиций отраслей с учетом требований финансовой устойчивости. Последнее требование является принципиально важным, поскольку, как будет показано далее, именно оно обеспечивает обоснованный прогноз динамики инвестиций в отраслях, которые определяют тенденции изменения их электроёмкости (и в более общем виде — энергоёмкости).  
Данная задача требует совместного моделирования межотраслевого баланса по основной продукции и услугам отраслей (видам экономической деятельности по ОКВЭД) и их финансовых балансов<sup>6</sup>. Результатом

данного этапа является развернутый в отраслевом разрезе прогноз развития экономики с выделением экономических переменных, необходимых для прогноза электропотребления, включая динамику валовых выпусков и капиталовложений по ВЭД, динамику валовой добавленной стоимости в экономике и доходов населения в целом по стране.

Последующие этапы связаны с формированием прогнозов развития экономики регионов с учетом прогноза по стране в целом, ретроспективной динамики и вклада значимых инвестиционных проектов.

2. На втором этапе, при формировании «проектных траекторий», выполняется анализ перспективных инвестиционных проектов (в том числе межотраслевых), масштаб которых оказывает существенное влияние на изменение структуры экономики регионов<sup>7</sup>.

Каждый проект характеризуется территориальной и временной привязкой, а также составом показателей, позволяющих интегрировать его в развернутый прогноз экономики:

- суммарными объемами инвестиций и их распределением по годам;
- приростами выпусков продукции по годам и полной проектной мощностью.

Агрегирование совокупности проектов в каждом регионе позволяет сформировать «проектную траекторию» субъекта РФ (также по ВЭД), а последующее агрегирование «проектных траекторий» субъектов РФ позволяет построить «проектную траекторию» страны в виде последовательности отраслевых векторов валовых выпусков и инвестиций.

3. На следующих двух этапах осуществляется формирование «трендовой траектории» развития страны и регионов, характеризующей динамику развития ВЭД без учета значимых инвестиционных проектов.

Для решения этой задачи необходимо анализ ретроспективной экономической информации (валовой региональный продукт — ВРП, отраслевые валовые выпуски и инвестиции, доходы населения), на основе которого определяются:

- отчетные тенденции изменения региональной структуры экономики России;
- отчетные тенденции изменения отраслевой структуры экономики региона.

На основе данных тенденций осуществляется дезагрегирование «трендовой траектории» развития страны, которая формируется вычитанием из прогнозных отрасле-

<sup>6</sup> Макаров А.А., Шапот Д.В., Лукацкий А.М., Малахов В.А. Инструментальные средства для количественного исследования взаимосвязей энергетики и экономики // Экономика и математические методы. — 2002. — Т. 38. — №. 1 — с. 45—56.

<sup>7</sup> В качестве критерия «значимости» проекта может рассматриваться объем инвестиций, превышающий определенную долю (например, 5%) от отчетного объема инвестиций по данному ВЭД в данном субъекте РФ.

вых выпусков и инвестиций каждого ВЭД объемов, вносимых «проектной траекторией», т.е. совокупностью параметров значимых инвестиционных проектов.

4. На завершающем этапе прогнозные параметры «трендовой тра-

- учитывает ретроспективные темпы изменения отраслевой структуры экономики регионов;
- отражает качественные изменения в региональной структуре экономики страны и в отраслевой структуре экономики реги-

лей. Данная задача решается путем сопоставления объемов электропотребления отраслей с их динамикой производства и инвестиций;

- 2) формируется оценка прогнозных объемов энергосбережения и энергозамещения для отраслей. Данная задача решается на основе методов технико-экономического анализа энергосберегающих и энергозамещающих технологий и мероприятий;
- 3) для каждого значимого инвестиционного проекта определяются (на основе проектных данных, экспертным образом или с использованием типовых аналогов) энергетические характеристики для их учета в процессе прогнозирования электропотребления.

Для формирования базовых трендов электроемкости по видам экономической деятельности требуется статистический анализ их взаимосвязи с основными показателями прогноза экономики. Проведенные исследования показывают, что для всех ВЭД решающей является связь энергоемкости (и частных показателей по всем видам топливно-энергетических ресурсов, в том числе электроемкости) с кумулятивными инвестициями в основной капитал соответствующей отрасли.

Устойчивость такой взаимосвязи объясняется тем, что именно наличие инвестиций обеспечивает достаточное условие для значимого повышения энергоэффективности в любом секторе экономики. Поскольку существенный энергетический эффект от капитальных вложений инерционен и получается отложенным во времени, необходимо рассматривать именно кумулятивные инвестиции (естественно, измеренные в сопоставимых ценах). Длительность ретроспективного периода накопления инвестиций выбирается для каждого сектора экономики индивидуально, исходя из наилучшей аппрокси-

## Необходимость перехода к комплексному алгоритму прогноза электропотребления заставляет более подробно остановиться на существе базовых методических принципов прогнозирования «сверху вниз» на основе показателей экономики.

ектории» развития региона (ВРП, доходы населения, объемы отраслевых валовых выпусков и инвестиций) складываются с параметрами «проектной траектории» региона (с учетом соответствующих приростов отраслевых выпусков и инвестиций). В итоге формируются сводные показатели прогноза социально-экономического развития регионов страны, который:

- согласован с балансами продукции и услуг финансовыми балансами отраслей на национальном уровне;

онов при реализации значимых инвестиционных проектов.

### Подходы к формированию прогноза интенсивности электропотребления с учетом прогноза экономики страны и регионов

Определение прогнозных показателей социально-экономического развития субъектов РФ позволяет перейти к прогнозу отраслевых электроемкостей (по ВЭД)<sup>8</sup>. При этом совместно решаются три задачи:

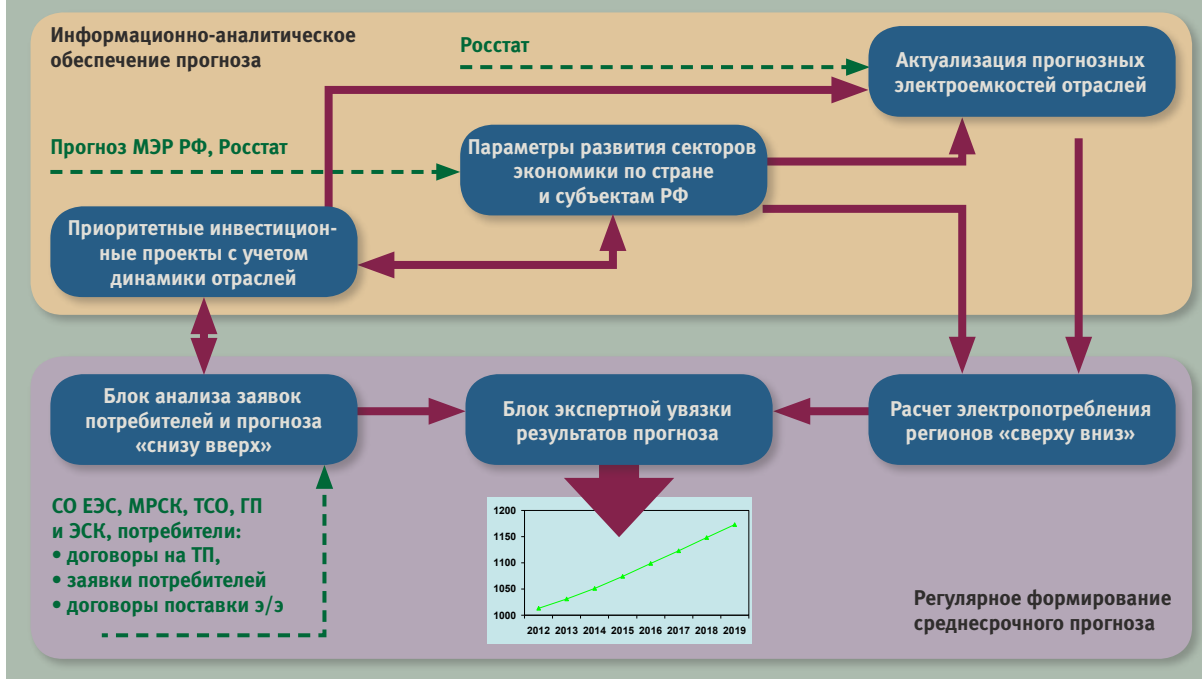
- 1) определяются базовые тренды изменения электроемкостей отрас-

**Значения квадрата коэффициента корреляции ( $R^2$ ), полученные при анализе зависимости энергоемкостей отраслей от их кумулятивных инвестиций**

Отрасль	Электроэнергия	Тепловая энергия
Добывающие производства	0,941	0,945
Обрабатывающие производства	0,872	0,989
Строительство	0,986	0,984
Сельское и лесное хозяйство	0,991	0,975
Транспорт	0,977	0,974
Связь	0,964	0,959
Прочие секторы	0,881	0,930

<sup>8</sup> Филиппов С.П. Прогнозирование энергопотребления с использованием комплекса адаптивных имитационных моделей // Известия РАН. Энергетика. — 2010. — № 3.

Рис. 5. Общая схема применения формирования и информационного обеспечения комплексного подхода к среднесрочному прогнозу спроса на электроэнергию



мации ретроспективных значений энергоемкости.

На рис. 4 представлены примеры зависимостей, а в таблице — статистические корреляции с кумулятивными инвестициями, полученные для показателей электроемкости и теплоемкости отдельных ВЭД на информации за 2000—2011 гг. (с учетом поправок на экономический кризис).

Аналогичный статистический анализ для душевого потребления электроэнергии населением показывает, что для спроса домашних хозяйств наиболее значимыми факторами являются цены электроэнергии и рост обеспеченности жильем. Значения квадрата коэффициента корреляции ( $R^2$ ) энергоемкости домашних хозяйств от этих факторов составляют 0,995 по электроэнергии и 0,895 по тепловой энергии.

Важно отметить, что выявленные тенденции изменения энергоемкости для разных секторов экономики (включая домашние хозяйства) являются универсальными и характерны для потребления не только электроэнергии, но и централизованного

тепла и других видов топливно-энергетических ресурсов.

**Заключение. Общая схема формирования комплексного среднесрочного прогноза спроса на электроэнергию**

Наряду с предложенной методикой комплексного подхода к прогнозу спроса на электроэнергию на основе синтеза двух методов «сверху вниз» и «снизу вверх» необходимо проработать и принципиальную схему его реализации, включая информационное обеспечение. Возможный пример такой схемы приведен на рис. 5.

Здесь рассмотренная выше процедура поэтапного прогноза экономики страны и регионов и изменения электроемкости отдельных ВЭД с учетом вклада значимых инвестиционных проектов (которая обеспечивает в итоге расчет электропотребления «сверху вниз») оказывается замкнутой с блоком прогноза электропотребления «снизу вверх» — по исходной и постоянно актуализируемой информации о новых потребителях (инвестиционных проектах) и по итогов

вой увязке результатов двух прогнозов. Таким образом, преодолеваются проблемные стороны каждого из методов и достигаются основные эффекты комплексного прогноза.

Решающим фактором для качества среднесрочного прогнозирования спроса электропотребления является его максимально подробное оснащение актуальной информацией о динамике спроса существующих и новых потребителей. Представляется важным наряду с уже имеющейся практикой ОАО «СО ЭЭС» по учету договоров на техприсоединение расширить состав участников этого процесса. Для этого целесообразно обеспечить нормативную базу и организационные механизмы для участия межрегиональных распределительных сетевых компаний (МРСК), территориальных сетевых организаций (ТСО) и энергосбытовых компаний в формировании информационной базы по спросу на электроэнергию потребителей на обслуживаемых ими территориях, включая данные о долгосрочных договорах на поставку электроэнергии (при их наличии).