

## **ОТЗЫВ**

Официального оппонента Кокина Сергея Евгеньевича  
на диссертационную работу Билаловой Алисы Ильдаровны  
на тему «Прогнозирование потребления электрической энергии  
электротехническим комплексом городской электрической сети»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.09.03- «Электротехнические комплексы и системы».

### **1. Актуальность выбранной темы**

Задача планирования и прогнозирования энергопотребления является достаточно значимой в электроэнергетике. Повышение точности прогнозирования объемов потребления электроэнергии обусловливается переходом к рыночным отношениям между субъектами оптового рынка, а также ответственностью за результаты действий, основанных на прогнозе. Прогнозирование электрических нагрузок является важным аспектом в экономических и технических вопросах.

Прогнозирование является важным фактором при составлении баланса электроэнергии в энергосистеме, влияя на выбор режимных параметров и расчетных электрических нагрузок. Баланс электроэнергии необходим для обеспечения устойчивой работы энергосистемы. В случае несоблюдения баланса страдает качество электроэнергии (происходит отклонение частоты и напряжения от требуемых значений). Это отражается на работе других элементах электротехнического комплекса – потребителях. Точность прогнозирования дает возможность оптимизировать работу всего электротехнического комплекса.

Для сетевой компании качественное прогнозирование нагрузок играет ключевую роль в вопросах обеспечения надежности, своевременного преодоления ограничений на перетоки электроэнергии и мощности, а также при планировании управлеченческих задач.

Таким образом, актуальной и имеющей большое практическое значение научно-технической задачей является разработка методики прогнозирования потребления электрической энергии на основе изучения системных свойств и связей в электротехническом комплексе и составления моделей статистических данных.

### **2. Структура и объем диссертационной работы**

Представленная к защите диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Основная часть работы изложена на 166 страницах машинного текста, включает 30 рисунков, 25 таблиц и 3 приложения. Библиографический список состоит из

142 наименований на 18 страницах.

Во введении приведено обоснование актуальности исследований, посвященных прогнозированию потребления электрической энергии электротехническим комплексом.

**Первая глава** посвящена анализу современного состояния рынка электроэнергии России. Обоснована необходимость снижения погрешности прогнозирования значений потребления электроэнергии с целью уменьшения финансовых издержек энергопредприятий и повышения сроков работоспособности элементов рассматриваемого комплекса. Проведен сравнительный анализ наиболее широко распространенных методов прогнозирования.

**Во второй главе** проведен анализ исходных данных для составления прогноза потребления электроэнергии. Рассмотрена возможность применения метода экспоненциального сглаживания для прогнозирования потребления электроэнергии электротехническим комплексом. Проведен статистический анализ и обоснована необходимость приведения исходных данных к нормальному распределению. Рассмотрена возможность перехода к прогнозированию приращений потребления электроэнергии в каждом месяце исследуемого года.

**В третьей главе** проанализировано применение регрессионного анализа для прогноза потребления электроэнергии абонентами сетевой компании. Составлены уравнения регрессии для каждого месяца прогнозирования, рассчитаны коэффициенты регрессии. Для повышения точности прогноза была применена процедура усреднения результатов, полученных методами экспоненциального сглаживания и регрессионного анализа. Предложено комбинированное применение уравнений регрессии и функциональной связи между потреблением электроэнергии в разные месяцы, позволяющее получить в целом погрешность прогноза меньше 3 %.

**В четвертой главе** приведены методика и алгоритм прогнозирования потребления электроэнергии абонентами сетевой компании. Обосновано преимущество применения комбинированного метода при прогнозировании потребления электроэнергии.

Приведен пример расчета прогноза потребления электрической энергии абонентами Ульяновской городской электросети на 2017 год. Проведена оценка ожидаемого экономического эффекта. Представлены примеры работы программного комплекса для прогнозирования потребления электрической энергии.

**В заключении** сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

Автореферат и опубликованные автором работы достаточно полно отражают содержание диссертации. Основные выводы и результаты отражены в 19 публикациях. В автореферате представлены основные идеи и выводы диссертации, и он адекватно отражает новизну, практическую значимость и личный вклад автора.

### **3. Научная новизна**

Научная новизна диссертационного исследования заключается в комплексном решении задач, направленных на повышение точности прогнозирования потребляемой электроэнергии.

К числу наиболее существенных научных и практических результатов диссертации следует отнести следующие разработанные в диссертации решения:

1. Предложена комбинация статистических методов прогнозирования потребления электрической энергии электротехническим комплексом городской электросети на основе данных предыдущих лет, отличающаяся оригинальным сочетанием математического аппарата регрессионного и корреляционного анализа и позволяющая уменьшить погрешность прогноза.

2. Предложена математическая модель прогнозирования ожидаемых объемов потребления электроэнергии электротехническим комплексом городской электрической сети, отличающаяся уравнениями регрессии и функциональной связи между потреблением электроэнергии в разные месяцы.

3. Разработаны усовершенствованная методика прогнозирования и алгоритм расчета объемов потребления электроэнергии электротехническим комплексом городской электрической сети, отличающиеся последовательностью и аналитическими формулами вычислений, обеспечивающих снижение погрешности прогноза.

Названные выше положения являются новыми оригинальными научными разработками автора диссертационной работы.

### **4. Анализ достоверности и обоснованности результатов и выводов**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием применяемых математических методов исследований, а также удовлетворительной сходимостью результатов, полученных при расчетах и реальных значениях. Кроме того, достоверность полученных результатов обеспечивается апробацией на промышленных предприятиях.

## **5. Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики**

Научная значимость результатов диссертационного исследования заключается в совершенствовании методик прогнозирования потребления электроэнергии. Практическим результатом является разработка алгоритма и методики прогнозирования объемов электропотребления, позволяющие повысить точность прогнозирования и снизить финансовые издержки предприятий.

Несомненным достоинством диссертационной работы является то, что решения всех научных задач обеспечены необходимой верификацией и подтверждением достоверности полученных результатов, их сравнением и анализом соответствия реальным данным, опыта внедрения в предприятия электросетевого хозяйства.

Результаты исследования прошли апробацию и внедрены в практику МУП «Ульяновская городская электросеть» (г.Ульяновск) и ООО «Ульяновская воздушно-кабельная сеть» (г.Ульяновск).

Результаты, рекомендации и выводы диссертационной работы представляют научный интерес, связанный с возможность применения и внедрения в работу электросетевых компаний.

Автором подготовлены и опубликованы 19 научных работ, в том числе 5 в журналах с индексом ВАК РФ, 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, которые отражают содержание диссертации. Билалова А.И. докладывала результаты работы на различных научно-технических конференциях как всероссийского, так и международного уровней.

## **6. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

По мнению оппонента, кандидатская диссертация Билаловой Алисы Ильдаровны полностью отвечает критериям, которые предусмотрены «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 №842.

В ней выполнены следующие принципы соответствия:

1. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные решения, направленные на повышение точности прогнозирования объемов электропотребления.

2. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и логикой, содержит комплекс новых научно-

технических решений, выдвигаемых для публичной защиты, и показывает личный вклад в науку.

3. Декларируемая диссертантом цель работы – полностью выполнена и отражена в полученных результатах.

4. Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации, по всем квалификационным признакам: цели, задачи, новизны, актуальности и достоверности, научной и практической значимости.

5. Все основные положения диссертации отражены в 19 работах, 5 из которых опубликованы в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ. Получены 3 свидетельства о регистрации программ ЭВМ.

6. Стиль диссертации и автореферата соответствует предъявляемым требованиям, диссертация имеет логическую структуру, написана грамотно и хорошо оформлена.

7. Выводы по диссертации оформлены структурно и содержательно.

8. Тема диссертации, и ее содержание соответствуют паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

**-по формуле специальности:** «...исследования по общим закономерностям ... передачи и использования электрической энергии и электротехнической информации...»;

**-по области исследований:** «соответствует п. 1. «...изучение системных свойств и связей, ... математическое ... и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем», п. 2. «Обоснование ... экономических ... критериев оценки принимаемых решений в области ... эксплуатации электротехнических комплексов и систем», п. 4. «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях».

9. В диссертации имеются ссылки на источники, из которых автор заимствовал отдельные материалы.

## **7. Дискуссионные положения, вопросы и критические замечания**

По содержанию диссертации имеются следующие вопросы и замечания.

1. В автореферате указано, что выполнен «сравнительный анализ наиболее распространенных методов прогнозирования», но не сказано на основании каких критериев выполнен данный анализ, а также какие результаты показали методы экстраполяции, регрессионного анализа, экспоненциального сглаживания и нейронные сети, участвующие в сравнительном анализе.

2. Принимая во внимание, что объем электропотребления зависит от множества стохастических факторов с различной степенью значимости из автореферата неясно:
  - Каким образом выполнен отбор критериев для моделирования?
  - В какой степени отдельные критерии коррелируют с объемом электропотребления?
  - Насколько чувствительной является разработанная методика прогнозирования потребления электрической энергии к изменению структуры нагрузки, росту/снижению объемов электропотребления и/или подключению новых потребителей?
3. На стр.31 приведен сравнительный анализ только 4 групп методов прогнозирования.
4. В работе указаны три свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. В чем заключаются их отличительные особенности?
5. На стр.13 приведен пример расчета прогноза на 2017 год. Отсутствуют примеры расчетов на более поздний период.
6. На рис.2.3 стр.49 нет обозначений линий на графике.
7. Какое влияние на расчет экономической эффективности оказывает структура потребителей (стр.109)?
8. Возможно ли применение приведенного алгоритма в работе других компаний?
9. На рис.4.3 стр.114 трудно различимы линии на графике.
10. В тексте диссертации имеются технические погрешности в оформлении работы.

Приведенные выше замечания не имеют принципиального характера и не снижают значимость и научную ценность диссертационной работы.

## **8.Заключение**

Считаю, что диссертация Билаловой А.И. является завершенной научно-квалификационной работой, направленной на повышение точности прогнозирования электропотребления.

Содержание диссертации полностью отвечает специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым Положением ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Билалова Алиса Ильдаровна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - «Электротехнические комплексы и системы».

**Официальный оппонент**

Доктор технических наук, профессор, заместитель директора по науке и инновациям Уральского энергетического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», заведующий базовой кафедрой «Электроэнергетика» ОАО «МРСК Урала»  
Кокин Сергей Евгеньевич  
19 ноября 2019 г.



**Полное наименование организации:**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

**Юридический адрес**

Главный учебный корпус УрФУ:  
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19  
Тел.: +7 (343) 375-44-44  
E-mail: s.e.kokin@urfu.ru