

## КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ЧАСОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С УЧЕТОМ ПОГОДЫ ДЛЯ СУБЪЕКТОВ РФ

**Ф. Л. БЫКОВ, В.А. ГОРДИН**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), Москва*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации» (ФГБУ «Гидрометцентр России»), Москва*

E-mail: vagordin@mail.ru

Современный рынок электроэнергии использует контракты между ее производителями и потребителями. Эти контракты могут быть как долговременными, так и краткосрочными, например, с горизонтом 1 сут.

Потребление электроэнергии зависит от времени, в этой зависимости просматриваются периодические процессы (с периодом год, неделя и сутки), и существенно аperiodические. К числу последних относится и вклад погоды. Зависимость энергопотребления от всех факторов различна в разных субъектах РФ.

Хранение выработанной электроэнергии связано с определенными трудностями. Цена электроэнергии колеблется со временем и является результатом некоторого баланса интересов производителей и потребителей. В некоторых случаях потребителю может быть выгодно сместить время потребления электроэнергии, чтобы выиграть в ее цене. Авторы не рассматривают задачу выбора оптимальной экономико-производственной тактики игроков при заданных правилах и стратегическую оптимизацию самих правил игры. Цель работы – описание компьютерной технологии краткосрочного (с горизонтом в несколько суток) прогноза потребления электроэнергии в субъекте РФ с шагом 1ч, учитывающей прогноз погоды, а также оценка точности такого прогноза потребления в сравнении с аналогичным методом, но не учитывающем прогноз погоды в субъекте.

Наличие прогноза потребления электроэнергии, учитывающего погодные данные, позволит потребителям формировать точные заявки на покупку электроэнергии, и, следовательно, снизить финансовые потери. Поставщикам и другим организациям более точный прогноз потребления дает возможность снизить ошибку при прогнозировании цен. В докладе будет описана компьютерная технология оперативного прогноза потребления, основанная на совместной статистической обработке синхронизированных во времени архивов потребления электроэнергии в РФ и метеорологических архивов.

Разработанная нами модель комплексных прогнозов погоды [2, 3] дает результаты в 08:30 и 20:30 мск времени. Поскольку до 13:30 мск времени проводится прием ценовых заявок на поставку электроэнергии на сутки вперед, наиболее актуальным в этот момент является утренний прогноз погоды. Оперативная технология комплексного прогноза погоды дополняется оценкой погрешности собственных прогнозов за прошедшее время. Эти оценки для разных регионов сильно различаются, что объясняется различной освещенностью данными наблюдений и специфическими трудностями прогноза погоды в некоторых регионах.

Нами разработана оперативная компьютерная технология краткосрочного прогноза почасового потребления электроэнергии для 63 субъектов РФ, использующая краткосрочный прогноз температуры воздуха. Оценивались параметры алгоритма по информации из архивов: потребления электроэнергии, фактической и прогностической температуры воздуха.

Погрешность MAPE получаемых прогнозов в среднем по субъектам составляет 3,2% при прогнозе на первые сутки и 3,7% — на вторые. Эффект от учета погоды примерно соответствует уменьшению заблаговременности прогноза с 2 до 1 суток. Метод прогноза

использует пять «индивидуальных» параметров, описывающих динамику потребления электроэнергии в субъекте РФ.

В дальнейшем предполагается уточнить технологию, учитывая возможные различия в погоде в разных частях одного субъекта, что должно увеличить точность, особенно если субъект имеет большую протяженность и крупные потребители электроэнергии значительно удалены от административного центра субъекта.

Некоторое влияние на энергопотребление помимо температуры могут иметь и другие метеорологические факторы. При их использовании необходимо будет учитывать и известную статистику ошибок прогноза этих факторов.

В настоящее время в России производство электроэнергии ветровыми и солнечными электростанциями невелико. Поэтому влияние данных о ветре и облачности авторы пока не исследовали. Для других стран это может быть полезным. Для учета погоды в прогнозе работы гидроэлектростанций будет иметь значение информация об уровне водохранилищ и количестве осадков.

Для тестирования используемой технологии применялась проверка на независимом архиве (кросс-валидация). Для этой проверки дни из архива потребления электроэнергии, на которые дается прогноз, были тысячами различными случайными способами разбиты на обучающую и тестовую выборки (размер выборок выбирался в соотношении 4:1, соответственно). В каждом из этих случаев сначала на обучающей выборке производилась оценка коэффициентов, затем на тестовой – оценка точности трех методов:

М1) без использования данных о температуре;

М2) с использованием фактической температуры воздуха;

М3) с использованием прогноза температуры воздуха.

Проверка показала устойчивость наших оценок при работе на независимом архиве.

Работа была поддержана грантом (18-05-0011) в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)» в 2016-2017 гг. с использованием средств субсидии на государственную поддержку ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров, выделенной НИУ ВШЭ.

## Литература

1. Быков Ф. Л., Гордин В. А. Краткосрочный прогноз часового потребления электроэнергии с учетом погоды для субъектов РФ. Известия РАН. Энергетика. №5, стр.47-56.
2. А.Н.Багров, Ф.Л.Быков, В.А.Гордин. Схема оперативного краткосрочного комплексного прогноза ветра. Метеорология и гидрология. №7, 2018, стр. 19-28.
3. А.Н. Багров, Ф. Л. Быков, В. А. Гордин. Схема оперативного краткосрочного комплексного прогноза приземной температуры и влажности воздуха. Метеорология и гидрология. №8, 2018 с.5-18.